

# **Restverdireddning: En vurdering av fast karbondioksid(CO<sub>2</sub>)blåsing som en metode for å rense sot av tekstil etter ulmebrann, branntilløp og brann**

Med henblikk på overføringsverdien til historiske tekstiler fra en  
museumskontekst

Mari Grønlund

Masteroppgave i Gjenstandskonservering  
Våren 2014



Institutt for Arkeologi, Konservering og Historie  
Humanistisk fakultet  
Universitetet i Oslo



Foto forside: Tor Lindseth, 2013.

## Sammendrag

---

Denne masteroppgaven foretar en vurdering av fast karbondioksid(CO<sub>2</sub>)blåsing som rensemetode for å fjerne sot av tekstil etter brann, med et henblikk til overføringsverdien innen restverdireddning av historiske tekstiler fra en museums kontekst. En litteraturgjennomgang viste rens av sot etter brann fra tekstil er en kompleks prosess, der de tradisjonelle rensemetodene som benyttes i dag har sine begrensinger. Fast CO<sub>2</sub>blåsing som fremgangsmåte for å fjerne sot har vært lovende på andre materialer. Denne renseprosessen er i liten grad testet ut på tekstil, og en grunnleggende kartlegging for fast CO<sub>2</sub>blåsing på tekstil ble derfor fokuset i oppgaven.

Oppgavens problemstilling er belyst gjennom en teoretisk utredning og praktiske eksperimenter. Den teoretiske gjennomgangen belyser hvilke rensemetoder som benyttes i dag innen rens av sot fra tekstil, samt en gjennomgang for bruk av fast CO<sub>2</sub>blåsing i konservering. Deretter følger en teoretisering og redegjørelse for hvordan brannforløp og sot påvirker tekstil. Teoretisk gjøres det greie for hvordan fast CO<sub>2</sub>blåsing kan rense sot fra tekstil, og hvilken innvirkning rensemetoden kan ha på tekstilet. Oppgaven omfatter en forberedende prosess hvor en nedsoting av tekstilmaterialene ble gjort under et kontrollert branntilløp, utført i samarbeid med Kongsberg brannvesen. Tre eksperimenter er utført på det nedsotede tekstilmaterialet. Første eksperimentet omfattet å vurdere fast CO<sub>2</sub>blåsing og hvordan metoden fjerner sot fra tekstil. Andre eksperiment sammenlignet fast CO<sub>2</sub>blåsing med to tørre mekaniske rensemetoder, støvsuger og sotsvamp. Tredje eksperiment testet fast CO<sub>2</sub>blåsing som fremgangsmåte for å fjerne sot fra en tredimensjonal tekstilgjenstand. Eksperimentene ble vurdert med utvalgte kvalitative og kvantitative analysemetoder. Dette omfattet: visuell observasjon, foto, mikrofotografi, mikroskopianalyse, SEM–EDS analyse, kolorimetrianalyse, pH måling og strekkstyrketest.

Generelt oppstod skader på de brannskadde tekstilmaterialene ved samtlige rensemetoder testet i eksperimentene. Fast CO<sub>2</sub>blåsing viste derimot å ha et potensial for å rense sot fra tekstil som var lite varmeskadet. Imidlertid konkluderes det, dagens utstyr gir en risiko for skader på tekstil. Videre forskning for å utvikle og tilpasse fast CO<sub>2</sub>blåsing er nødvendig før en anbefaling til bruk på historiske tekstiler fra museums kontekst kan gis.

## Summary

---

This Master dissertation carries out an evaluation of solid carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) blasting as a cleaning method to remove soot from burnt textiles, with an eye to the possibility to use the cleaning method on historical textiles in a museum context. A literary review showed that removing soot from textiles after a fire is a complex process, and where the traditional cleaning methods that are utilised today are limited. Using solid CO<sub>2</sub>blasting as a method to remove soot has proven promising on other materials. This cleaning process has been tested to a small degree on textiles, and a fundamental mapping of solid CO<sub>2</sub>blasting on textiles was therefore the focus of this paper.

The dissertation's hypothesis is approached through a theoretical investigation and practical experiments. The theoretical investigation draws attention to the cleaning methods currently used in regards to removing soot from textiles, as well as providing an outline of the uses of solid CO<sub>2</sub>blasting in conservation. A theorisation and description follows next of how the stages in a fire and soot creation impacts textiles. It explores theoretically how solid CO<sub>2</sub> blasting can clean soot from textiles, and what effect the cleaning method can have on the textile. The paper includes a preparation process where textiles were sootied under controlled fire conditions in collaboration with the Kongsberg fire department. Three experiments were performed on the sootied materials. The first experiment comprises an assessment of solid CO<sub>2</sub>blasting and how the method removes soot from textiles. The second experiment compares solid CO<sub>2</sub>blasting with two dry mechanic cleaning methods: soot vacuum cleaning and a soot sponge. The third experiment is testing solid CO<sub>2</sub>blasting as a way of removing soot from a three dimensional textile-object. These experiments were evaluated using a selection of qualitative and quantitative analysis methods. These methods were: visual observation, photography, micro-photographic analysis, microscope analysis, SEM-EDS analysis, colorimetric analysis, pH measurement, and textile tensile strength testing.

In general, there were damages that appeared on the textiles damaged by the fire and by each and all of the cleaning methods tested for in the experiments. Textile samples which were less heat-damaged showed however that solid CO<sub>2</sub>blasting has a potential to clean off soot from textile. It is provisionally concluded that the equipment used today is a risk in terms of further damaging already damaged textiles. Further research to develop and adapt the solid

CO<sub>2</sub>blasting is necessary before a recommendation for this cleaning methods' uses on historical textile can be given.

## Forord

---

Denne masteroppgaven var kun mulig å gjennomføre ved praktisk hjelp fra fagpersoner og lån av utstyr fra institusjoner. Samtaler, veiledning og tilbakemeldinger fra en rekke personer har også bidratt til å løfte denne oppgaven.

- ❖ En stor takk til min veileder Douwtje L. van der Meulen, for konstruktive og gode tilbakemeldinger på utkast til oppgaven, tips om kontaktpersoner og samtaler rundt oppgaven.
- ❖ En stor takk til Jeremy Hutchings for samtaler, gode ideer i prosjektet, tips til kontaktpersoner og konstruktiv tilbakemelding på utkast.
- ❖ Tusen takk til Norsk Teknisk Museum i Oslo for lån av fast karbondioksid (CO<sub>2</sub>) blåseapparat med fast karbondioksid pellets.
- ❖ I denne sammenheng rettes det en stor takk til Endre Fodstad for opplæring i bruk av fast CO<sub>2</sub>blåseapparatet.
- ❖ Tusen takk til Kongsberg brannvesen for mulighet til å sote tekstilprøvene, lån av brannkonteiner og røykdykkerutstyr.
- ❖ En varm takk rettes i denne sammenheng til Jonas Brandt med brannmannskap, som satte av en dag for å hjelpe meg med å sote tekstilene til eksperimentene i denne oppgaven.
- ❖ Takk til Tor Lindseth for fotodokumentering samt transport og annet praktisk bidrag ved soteprosessen i Kongsberg.
- ❖ Takk til konservatorskolen, Det Kongelige Danske Kunstakademis skoler for Arkitektur, Design og Konservering i København for bruk av deres strekkstyrketestapparat.
- ❖ En stor takk rettes spesielt til Annemette Bruselius Scharff for opplæring i å utføre strekkstyrketest og tolkning av resultater.
- ❖ Takk til Susan Braovac for opplæring og lån av spektralfotometer analyseapparat.
- ❖ Takk til bibliotekarene ved Arkeologisk bibliotek for hjelp til å finne de artiklene jeg trodde var umulig å få tak i.
- ❖ Takk til Maria Johansen som tok arbeidet med å trykke oppgaven.
- ❖ En varm takk til Chanè Lindseth som assistent under dagen tekstilprøvene ble sotet, og for diskusjoner, samtaler og oppmuntring gjennom hele oppgaven.

- ❖ En like varm takk rettes til Vilde M. Dalåsen, som tipset meg om Norsk Teknisk Museum i Oslo hadde testet fast CO<sub>2</sub>blåsing som rensemetode på tekstil. Dette satte tankevirksomheten i gang som resulterte i denne oppgaven. Og ikke minst takk for samtaler og humor som letter en arbeidsom dag.
- ❖ Takk til alle andre studenter på studiet, for tilbakemeldinger og hyggelige samtaler.
- ❖ Tusen takk til familie og venner som har bidratt med tanker og spørsmål til oppgaven.
- ❖ I denne sammenheng vil jeg takke spesielt Christina Kooij for engelsk oversettelse av sammendraget i oppgaven

*Til sist og ikke minst, en varm takk til mamma og pappa for korrekturlesing, samtaler, varm mat og husly den siste måned av oppgaven. Dere hadde alltid en stor tro på at jeg skulle lykkes med oppgaven.*

## Innholdsfortegnelse

---

s.iii.....	Sammendrag
s.iv.....	Summary
s.v.....	Forord
s.vii.....	Innholdsfortegnelse
s.xi.....	Figurliste
s.1....	1.0. Introduksjon
s.1.....	1.0.1. Introduksjon, bakgrunn til problemstilling
s.1.....	1.0.2. Introduksjon, problemstilling for denne masteroppgaven
s.2....	1.1. Formålet - hvorfor forsøke å konservere tekstil utsatt for brann?
s.2.....	1.1.1. Verdigrunnlag for konserveringstiltak
s.2.....	1.1.2. Formålet med rensing av sot fra tekstil
s.3.....	1.2. Inspirasjonskilde for problemstilling samt pretesting av fast CO <sub>2</sub> blåsing
s.3.....	1.2.1. Valg av fast CO <sub>2</sub> blåsing som rensemetode for å fjerne sot fra tekstil
s.4....	1.3. Kapitteloppbygning og begrensninger i oppgaven
s.4.....	1.3.1. Oppgavens kapitteloppbygning
s.4.....	1.3.2. Begrensninger i oppgaven
s.5....	1.4. Definisjoner av fagterminologi brukt i oppgaven
s.6....	2.0. Metodikk
s.6.....	2.0.1. Kapitlets formål
s.6.....	2.0.2. Oppgavens målsetting
s.6.....	2.0.3. Oppbygning av oppgaven
s.7.....	2.1. En teoretisk bakgrunn – litteratursøk
s.7.....	2.1.1. Litteratursøk for rensing av sot fra tekstil
s.7.....	2.1.2. Litteratursøk for bruk av fast CO <sub>2</sub> blåsing i konservering
s.7.....	2.1.3. Litteratursøk for en teoretisk bakgrunn
s.8....	2.2. Beskrivelse av tekstilmaterialene benyttet i oppgavens tre praktiske eksperimenter
s.8.....	2.2.1. Valg av tekstilmaterialer til eksperimentene
s.8.....	2.2.2. Beskrivelse av de todimensjonale tekstilprøvene
s.9.....	2.2.3. Begrunnelse for valg av tekstilmaterialer - belyst gjennom oppfyllelse av kriteriene
s.10.....	2.2.4. Tekstilgjenstand for tredje eksperiment i oppgaven
s.12....	2.3. Oppgavens eksperimenter
s.12.....	2.3.1. Fremgangsmetode
s.12.....	2.3.2. Beskrivelse av eksperimentene
s.13....	2.4. Kriterier og analyseteknikker
s.13.....	2.4.1. Kriterier
s.14.....	2.4.2. Visuelle kvalitative analyser
s.15.....	2.4.3. Kvantitative analyser



s.17.....	3.0. Bakgrunnshistorikk: en redegjørelse om tradisjonelle rensemetoder av sot fra tekstil
s.17.....	3.0.1. Formålet med kapittelet og litteraturgjennomgang
s.17.....	3.0.2. Rensing av sot - en kompleks prosess påvirket av mange faktorer
s.18.....	3.0.3. Våt og kjemisk rens: en redegjørelse for valg av fokus på tørre rensemetoder
s.19.....	3.0.4. Tradisjonelle tørre rensemetoder for å fjerne sot fra tekstil
s.19.....	3.0.5. Moderne rensemetoder for å fjerne sot
s.20.....	3.1. Bakgrunnshistorikk: bruk av fast CO <sub>2</sub> blåsing i konservering
s.20.....	3.1.1. Litteratursøk: bruk av CO <sub>2</sub> og fast CO <sub>2</sub> blåsing i konservering
s.20.....	3.1.2. . Litteratursøk: fast CO <sub>2</sub> blåsing benyttet for å fjerne sot etter brann fra tekstil
s.22.....	4.0. En teoretisk utgreiing av de ulike elementene: tekstil, brann, sot og fast CO <sub>2</sub> blåsing
s.22.....	4.0.1. Målsetting for kapittelet
s.22.....	4.0.2. Litteratursøk i tematikk berørt i kapittelet
s.22.....	4.1. Tekstilmateriale: kjemisk struktur og egenskaper
s.22.....	4.1.1. Generell kjemisk oppbygning av tekstilmateriale
s.23.....	4.1.2. Beskrivelse av kjemisk oppbygning for: bomull, ull, akryl og polyester
s.24.....	4.2. Ulmebrann, branntilløp og brann, sett i sammenheng med skadeomfang på tekstilmaterialer
s.24.....	4.2.1. Generell utvikling av et brannforløp
s.24.....	4.2.2. Faktorer som påvirker brannutvikling samt beskrivelse av brann i rom
s.25.....	4.2.3. Påvirkning av brann på tekstilmateriale
s.25.....	4.2.4. Varmeskade på tekstil fra brann
s.26.....	4.3. Sotpartikler: kjemisk oppbygning, tilvirkningsprosess, egenskaper samt klebeevnen mellom sot og tekstilmateriale
s.26.....	4.3.1. Generell kjemisk og fysisk oppbygning samt dannelse av sotpartikler
s.27.....	4.3.2. Faktorer som påvirker sotavsetning fra brann
s.27.....	4.3.3. Sot: et materiale med mulighet for å forsurne andre materialer?
s.28.....	4.3.4. Andre kjemiske komponenter som dannes i brann og blandes med sotavsetning
s.28.....	4.4. Klebeevnen mellom sotpartikler og tekstilmateriale
s.28.....	4.4.1. Sotens egenskaper som påvirker klebeevnen
s.29.....	4.4.2. Tekstilets egenskaper som påvirker klebeevnen samt hvordan opphøre bindingen mellom sot og tekstil
s.29.....	4.5. Fast CO <sub>2</sub> blåsing: kjemiske og fysiske egenskaper, samt teori for fast CO <sub>2</sub> blåsing av sot fra tekstil
s.29.....	4.5.1. Kjemisk og fysisk oppbygging av CO <sub>2</sub>
s.30.....	4.5.2. Oppbygging av fast CO <sub>2</sub> blåseapparat
s.30.....	4.5.3. Risikomomenter: termisk sjokk og mekanisk bearbeidelse av fast CO <sub>2</sub> blåsing på tekstilmateriale
s.31.....	4.5.4. Teorier for hvordan fast CO <sub>2</sub> blåsing fjerner sot fra tekstiloverflate

s.32.....	4.6. Oppsummering og fremstilling av teorier til eksperimentene i oppgaven
s.32.....	4.6.1. Fremstilling av teori for de praktiske eksperimentene i oppgaven
s.32.....	4.6.2. Teorier for hvert enkelt eksperiment i oppgaven
s.33.....	5.0. Eksperimentmetode
s.33.....	5.1. Soteprosessen: en kontrollert nedsoting av tekstilmateriale til eksperimentene
s.34.....	5.2. Laboratorieeksperiment 1.: en vurdering av de ulike elementene i fast CO <sub>2</sub> blåsing
s.34.....	5.2.1. Generelle metodevalg
s.35.....	5.2.2. Fremgangsmetode: første del av eksperimentet
s.35.....	5.2.3. Fremgangsmetode: andre del av eksperimentet
s.36.....	5.3. Laboratorieeksperiment 2.: en sammenligning av tre utvalgte tørre mekaniske rensemetoder
s.36.....	5.3.1. Generelle metodevalg
s.36.....	5.3.2. Fremgangsmetode: fast CO <sub>2</sub> blåsing, støvsuger og sotsvamp
s.37.....	5.4. Laboratorieeksperiment 3.: en vurdering av fast CO <sub>2</sub> blåsing på en tredimensjonal gjenstand
s.37.....	5.4.1. Generelle metodevalg
s.37.....	5.4.2. Fremgangsmetode: fast CO <sub>2</sub> blåsing av kåpen
s.37.....	5.5. Analysemetoder: beskrivelse av fremgangsmetoder og begrensninger
s.38.....	5.5.1. Kvalitative visuelle analysemetoder
s.38.....	5.5.2. Kvantitative analysemetoder
s.40.....	5.5.3. Analysemetoder som velges å ikke presenteres og medberegnes i resultatdel
s.41.....	6.0. Evaluering av materialvalg og validitet i eksperimentene
s.41.....	6.0.1. Evaluering av materialvalg
s.41.....	6.0.2. Validitet i eksperimentene
s.42.....	6.1. Vurdering av analyseteknikker
s.42.....	6.2. Resultat og vurdering for soteprosessen
s.42.....	6.2.1. Soteprosessen for tekstilprøvene
s.44.....	6.2.2. Soteprosessen for kåpen
s.45.....	6.3. Sammenfatning og vurdering av resultater til eksperiment 1.: en vurdering av de ulike elementene i fast CO <sub>2</sub> blåsing
s.45.....	6.3.1. Mål og resultatvurdering
s.45.....	6.3.2. Resultater for eksperiment 1. del 1. Blå bomullsprøver
s.47.....	6.3.3. Resultater for eksperiment 1. del 1. Røde bomullsprøver
s.48.....	6.3.4. Resultater for eksperiment 1. del 1. Ullprøver
s.49.....	6.3.5. Oppsummering og drøfting resultater, eksperiment 1. del. 1.
s.49.....	6.3.6. Resultatpresentasjon for alle tre tekstilene til eksperiment 1. del 2.
s.50.....	6.4. Sammenfatning og vurdering av resultater til eksperiment 2.: en sammenligning av tre utvalgte tørre mekaniske rensemetoder
s.50.....	6.4.1. Mål og resultatvurdering
s.50.....	6.4.2. Resultater eksperiment 2. Blå bomullsprøver
s.53.....	6.4.3. Resultater eksperiment 2. Røde bomullsprøver
s.56.....	6.4.4. Resultater eksperiment 2. Ullprøver

s.58.....	6.4.5. Oppsummering og drøfting av resultater til eksperiment 2
s.61.....	6.5. Sammenfatning og vurdering av resultater til eksperiment 3.: en vurdering av fast CO <sub>2</sub> blåsing på en tredimensjonal gjenstand
s.61.....	6.5.1. Mål og resultatvurdering
s.62.....	6.5.2. Resultater for eksperiment 3, rens av kåpen
s.64.....	6.5.3. Oppsummering og sammenligning opp mot todimensjonale tekstilprøver
s.64.....	6.6. Vurdering av støvsuger, sotsvamp og fast CO <sub>2</sub> blåsing i forhold til: utstyr, kompetanse og HMS krav
s.64.....	6.6.1. Kompetanse og behov for utstyr til de tre rensemetodene
s.65.....	6.6.2. Evaluering av de tre rensemetodene i forhold til HMS
s.66.....	7.0. Oppsummerende konklusjon og videre forskning
s.66.....	7.0.1. Oppsummering av renseerfaring fra eksperimentene for å fjerne sotavsetning på brannskadet tekstil
s.66.....	7.0.2. Oppsummering og vurdering av fast CO <sub>2</sub> blåsing som rensemetode
s.67.....	7.0.3. Videre forskning
s.68.....	Referanseliste
s.81.....	Indeks
s.82.....	Vedlegg 1. Tiltak for sikring av Helse, Miljø og Sikkerhet (HMS) under de praktiske eksperimentene i oppgaven
s.85.....	Vedlegg 2. Tabelloversikt over de todimensjonale tekstilprøvene organisert etter soteprosessen
s.86.....	Vedlegg 3. Tekstilmaterialenes teknologiinformasjon
s.88.....	Vedlegg 4. Foto av utvalgte (både sterkt og lett sotet) tekstilprøvers forside: utgangspunkt, etter soting og etter rens
s.91.....	Vedlegg 5. Utvalgte foto av kåpen i renseprosessen
s.94.....	Vedlegg 6. Utvalgte mikrofotografi bilder
s.97.....	Vedlegg 7. Foto mikroskopianalyse av utvalgte fiberprøver og kåpen, med fokus på fast CO <sub>2</sub> blåsing
s.99.....	Vedlegg 8. Utvalgte topografibilder med SEM-EDS analyse av fast CO <sub>2</sub> blåste tekstilprøver og kåpen
s.101.....	Vedlegg 9. Tabeller for utvalgte verdier innen kolorimetrianalyse
s.103.....	Vedlegg 10. PH måling av representative tekstilprøver og kåpen
s.106.....	Vedlegg 11. Strekkstyrketest, av de utvalgte representative prøvene til eksperimentene

## Figurliste

---

Det er valgt i denne oppgaven å inkludere et stort antall figurer som omfatter foto, diagrammer, grafer og tabeller. Målet med mangfoldet av illustrasjoner er å belyse oppgaven, men også dannet et illustrativt sammenligningsgrunnlag for videre forskning eller testing av rens for sot fra brannskadet tekstil. Der det ikke er nevnt fotograf ved navn, er alle andre figurer fremstilt av Mari Grønlund.

### I oppgaveteksten:

- s.3.....Fig.1, før rens, pretest, bomull x200
- s.3.....Fig.2, etter rens, pretest, bomull x200
- s.9.....Fig.3, før soting, rød bomullsprøve
- s.9.....Fig.4, før soting, blå bomullsprøve
- s.9.....Fig.5, før soting, hvit ullprøve
- s.11...Fig.6, Før soting, kåpens fremside delvis åpen så fôret er synlig.
- s.12...Fig.7, tankekart over eksperimentdesign
- s.29...Fig.8, Fasediagram over CO<sub>2</sub>
- s.33...Fig.9, røykdykking i soteprosessen (foto:Tor Lindseth 2013)
- s.33...Fig.10, under soteprosessen, tekstilprøvene øverst i forkammeret (foto:Tor Lindseth 2013)
- s.34...Fig.11, Forenklet tegning av konteiner
- s.34...Fig.12, egendesignet rensbord til fast CO<sub>2</sub> blåsing
- s.39...Fig.13, strekkstyrketest, prøven montert i apparatet
- s.39...Fig.14, et utvalg av røde bomullsprøver, preparert og testet
- s.43...Fig.15, lett sotet blå bomull, før rens
- s.43...Fig.16, middels sotet blå bomull, før rens
- s.43...Fig.17, sterkt sotet blå bomull, før rens
- s.43...Fig.18, lett sotet rød bomull, før rens
- s.43...Fig.19, sterkt sotet rød bomull, før rens
- s.44...Fig.20, lett sotet ull, før rens
- s.44...Fig.21, gul farge, ull før rens
- s.44...Fig.22, brun farge, ull før rens
- s.44...Fig.23, kåpens bakside, sotet før rens
- s.46...Fig.24, skjematisk fremstilling kolorimetrianalyse blå bomull, lett sotet SCI, av både  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$  verdier
- s.47...Fig.25, skjematisk fremstilling kolorimetrianalysen, rød bomull, lett sotet, SCI, både  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$
- s.48...Fig.26, skjematisk fremstilling kolorimetrianalyse, ull, lett sotet, SCI,  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$
- s.51...Fig.27, etter rens blå bomull, sterkt sotet, venstre kun støvsuget, til høyre støvsuget og sotsvampet
- s.51...Fig.28, etter rens blå bomull, sterkt sotet, fast CO<sub>2</sub>blåst, til venstre på tekstilet, hulldannelse
- s.51...Fig.29, etter rens, blå bomull, lett sotet, venstre støvsuget, høyre støvsuget og

sotvampet

- s.51....Fig. 30, etter rens, blå bomull, lett sotet, fast CO<sub>2</sub>blåst
- s.52....Fig.31, grafisk fremstilling strekk-kurven for blå bomull etter rens fast CO<sub>2</sub>blåst, lett sotet.
- s.52....Fig.32, grafisk fremstilling strekk-kurve for blå bomull etter rens støvsuger og sotsvampet, lett sotet.
- s.54....Fig.33, etter rens, rød bomull, sterkt sotet, fast CO<sub>2</sub>blåst, hull til høyre på tekstilet
- s.54....Fig.34, etter rens, rød bomull, sterkt sotet, venstre støvsuget, høyre støvsuget og sotsvampet
- s.54....Fig.35, etter rens, rød bomull, lett sotet, fast CO<sub>2</sub>blåst
- s.54....Fig.36, etter rens, rød bomull, lett sotet, venstre støvsuget, høyre støvsuget og sotsvampet
- s.55....Fig.37, etter rens, fast CO<sub>2</sub>blåsing, rød bomull, renning
- s.55....Fig.38, etter rens, støvsuger og sotsvamp, rød bomull, renning
- s.57....Fig.39, etter rens, sterkt sotet, ull fast CO<sub>2</sub>blåst
- s.57....Fig.40, etter rens, sterkt sotet, ull, venstre støvsuget, høyre støvsuget og sotsvampet
- s.57....Fig.41, etter rens, lett sotet, ull, fast CO<sub>2</sub>blåst
- s.57....Fig.42, etter rens, lett sotet, ull, venstre støvsuget høyre støvsuget og sotsvampet
- s.59....Fig.43, en typisk hullskade etter fast CO<sub>2</sub>blåsing, blå bomull, hullet ca 1mm.
- s.62....Fig.44, etter rens, kåpens fremside
- s.62....Fig.45, kåpen ytterstoff med sot, før rens. x500
- s.62....Fig.46, kåpen ytterstoff etter rens, x500
- s.62....Fig.47, kåpen, SEM-EDS analyse, etter rens, x1200
- s.63....Fig.48, utsiden av hetten med sot, hvit pil viser område
- s.63....Fig.49, innsiden av yttertekstil, hvit pil markere samme sted på fig.43

## Vedlegg

- s.83....Fig.50, Rensetelt ferdig konstruert
- s.83....Fig.51, Renseteltet i bruk, støvsugerslangen vises går inn i teltet på den ene kortsiden
- s.85....Fig.52, Tabell 1. Oversikt over organisering av todimensjonale prøver *etter* soting
- s.86....Fig.53, Tabell 2. Rød bomullsprøvenes teknologiske oppbygning
- s.86....Fig.54, Tabell 3. Blå bomullsprøvenes teknologiske oppbygning
- s.86....Fig.55, Tabell 4. Ullprøvenes teknologiske oppbygning
- s.86....Fig.56, Tabell 5. Kåpens teknologiske oppbygning
- s.88....Fig.57, Utgangspunkt, rød bomull, før soting
- s.88....Fig.58, Utgangspunkt, blå bomull, før soting
- s.88....Fig.59, Utgangspunkt, ull, før soting
- s.88....Fig.60, Rød bomull, lett sotet før rens
- s.88....Fig.61, Rød bomull, lett sotet etter rens CO<sub>2</sub> blåst
- s.88....Fig.62, Rød bomull, lett sotet etter rens støvsuger og sotsvamp
- s.88....Fig.63, Rød bomull, sterkt sotet før rens
- s.88....Fig.64, Rød bomull, sterkt sotet etter rens CO<sub>2</sub> blåst
- s.88....Fig.65, Rød bomull, sterkt sotet etter rens støvsuger og sotsvamp
- s.89....Fig.66, Blå bomull, lett sotet, før rens

s.89....Fig.67, Blå bomull lett sotet, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst  
 s.89....Fig.68, Blå bomull lett sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp  
 s.89....Fig.69, Blå bomull sterkt sotet, før rens  
 s.89....Fig.70, Blå bomull sterkt sotet, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst  
 s.89....Fig.71, Blå bomull sterkt sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp  
 s.89....Fig.72, Ull, lett sotet, før rens  
 s.89....Fig.73, Ull, lett sotet etter rens, CO<sub>2</sub> blåst  
 s.89....Fig.74, Ull, lett sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp  
 s.90....Fig.75, Ull, sterkt sotet, før rens  
 s.90....Fig.76, Ull, sterkt sotet etter rens, CO<sub>2</sub> blåst  
 s.90....Fig.77, Ull, sterkt sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp  
 s.90....Fig.78, Rød bomull, lett sotet, etter rens, trykkluft  
 s.90....Fig.79, Blå bomull, lett sotet, etter rens, trykkluft  
 s.90....Fig.80, Ull, lett sotet, etter rens, trykkluft  
 s.90....Fig.81, Rød bomull, sterkt sotet, etter rens, trykkluft  
 s.90....Fig.82, Blå bomull, sterkt/middel sotet, etter rens, trykkluft  
 s.90....Fig.83, Ull, sterkt sotet, etter rens, trykkluft  
 s.91....Fig.84, Kåpen utgangspunkt, før soting, forside  
 s.91....Fig.85, Kåpen utgangspunkt, før soting, bakside  
 s.92....Fig.86, Kåpen, etter soting før rens, forsiden  
 s.92....Fig.87, Kåpen, etter soting før rens, baksiden  
 s.93....Fig.88, Kåpen, etter rens, forsiden  
 s.93....Fig.89, Kåpen, etter rens, baksiden  
 s.94....Fig.90, Kåpe yttertekstil, utgangspunkt x 50  
 s.94....Fig.91, Kåpe yttertekstil, før rens X50  
 s.94....Fig.92, Kåpe yttertekstil, etter rens x 50  
 s.94....Fig.93, Kåpe fôret, utgangspunkt x50  
 s.94....Fig.94, Kåpe fôret, før rens, x50  
 s.94....Fig.95, Kåpe fôret, etter rens, x50  
 s.94....Fig.96, Rød bomull, utgangspunkt, før soting X50  
 s.94....Fig.97, Blå bomull, utgangspunkt, før soting, x50  
 s.94....Fig.98, Ull, utgangspunkt, før soting, x50  
 s.95....Fig.99, Rød bomull, lett sotet, x50 før rens  
 s.95....Fig.100, Rød bomull, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst, lett sotet, x50  
 s.95....Fig.101, Rød bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp, lett sotet, x 50  
 s.95....Fig.102, Rød bomull, sterkt sotet, x50 før rens  
 s.95....Fig.103, Rød bomull, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x 50  
 s.95....Fig.104, Rød bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp, sterkt sotet, x50  
 s.95....Fig.105, Blå bomull, CO<sub>2</sub> blåst, lett sotet, x50 før rens  
 s.95....Fig.106, Blå bomull, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst, lett sotet, x50  
 s.95....Fig.107, Blå bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp, lett sotet, x50  
 s.95....Fig.108, Blå bomull, CO<sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50 før rens  
 s.95....Fig.109, Blå bomull, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50  
 s.95....Fig.110, Blå bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp, sterkt sotet, x50

s.96....Fig.111, Ull, CO<sub>2</sub> blåst, lett sotet, x 50 før rens  
 s.96....Fig.112, Ull, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst, lett sotet, x 50  
 s.96....Fig.113, Ull, etter rens, støvsuger og sotsvamp, lett sotet, x50  
 s.96....Fig.114, Ull, CO<sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50 før rens  
 s.96....Fig.115, Ull, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x 50  
 s.96....Fig.116, Ull, etter rens, støvsuger og sotsvamp, sterkt sotet, x 50  
 s.96....Fig.117, Rød bomull, etter rens, trykkluft, lett sotet, x50  
 s.96....Fig.118, Blå bomull, etter rens, trykkluft, lett sotet, x50  
 s.96....Fig.119, Ull etter rens, trykkluft, lett sotet, x504  
 s.96....Fig.120, Rød bomull, etter rens, trykkluft, sterkt sotet, x50  
 s.96....Fig.121, Blå bomull, etter rens, trykkluft, sterkt/middels sotet, x50  
 s.96....Fig.122, Ull, etter rens, trykkluft, sterkt sotet, x50  
 s.97....Fig.123, Yttertekstilet kåpe utgangspunkt X 500  
 s.97....Fig.124, Yttertekstil kåpe før rens X 500  
 s.97....Fig.125, Yttertekstil kåpe etter rens X500  
 s.97....Fig.126, Rød bomull utgangspunkt X500  
 s.97....Fig.127, Rød bomull lett sotet, før rens X 500  
 s.97....Fig.128, Rød bomull etter rens X 500  
 s.97....Fig.129, Ull utgangspunkt X500  
 s.97....Fig.130, Ull lett sotet, før rens X 500  
 s.97....Fig.131, Ull etter rens X500  
 s.98....Fig.132, Blå bomull utgangspunkt X500  
 s.98....Fig.133, Blå bomull lett sotet, før rens X500  
 s.98....Fig.134, Blå bomull etter rens X500  
 s.98....Fig.135, Rød bomull sterkt sotet før rens x 500  
 s.98....Fig.136, Ull sterkt sotet før rens x500  
 s.98....Fig.137, Blå bomull sterkt sotet før rens x 500  
 s.98....Fig.138, Rød bomull, etter rens, for støvsuger og sotsvamp, x500  
 s.98....Fig.139, Blå bomull, etter rens, for støvsuger og sotsvamp, x500  
 s.98....Fig.140, Ull, etter rens, for støvsuger og sotsvamp, x500  
 s.98....Fig.141, Rød bomull, etter rens, trykkluft, x500  
 s.98....Fig.142, Blå bomull, etter rens, trykkluft, x500  
 s.98....Fig.143, Ull, etter rens, trykkluft, x500  
 s.99....Fig.144, Yttertekstil kåpe utgangspunkt X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.145, Yttertekstil kåpe etter soting X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.146, Yttertekstil etter rens X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.147, Rød bomull utgangspunkt X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.148, Rød bomull etter soting X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.149, Rød bomull etter rens X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.150, Ull prøver utgangspunkt X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.151, Ull prøver etter soting X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.99....Fig.152, Ull prøver etter rens X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.100..Fig.153, Blå bomull utgangspunkt X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst  
 s.100..Fig.154, Blå bomull etter soting X 1200 fast CO<sub>2</sub>blåst

s.100..Fig.155, Blå bomull etter rens X 1200 fast CO<sub>2</sub>blåst

s.100..Fig.156, Blå bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp x1200

s.100..Fig.157, Rød bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp x1200

s.100..Fig.158, Ull, etter rens, støvsuger og sotsvamp x1200

s.101..Fig.159, eksempel på graf med a\*,b\*,L\*, verdier til de ulike rensemetodene sammen med  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$  verdier

s.101..Fig.160, grafisk fremstilling kolorimetri, blå bomull sterkt sotet, SCI

s.102..Fig.161, grafisk fremstilling kolorimetri, rød bomull, sterkt sotet, SCI

s.102..Fig.162, grafisk fremstilling kolorimetri, ull, sterkt sotet, SCI

s.103..Fig.163, tabell 1 og 2, pH måling, før soting, etter soting og etter rens

s.104..Fig.164, tabell 3 og 4, pH måling etter 3 måneder, før soting, etter soting og etter rens

s.106..Fig.165, strekkstyrketest, av blå bomull, reference, se tabell 1. fig.177

s.106..Fig.166. strekkstyrketest, blå bomull før rens (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 2.Fig.177

s.106..Fig.167. strekkstyrketest, blå bomull etter rens (tørris-CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 3.Fig.179

s.107..Fig.168. strekkstyrketest, blå bomull, før rens (sotsvamp), se tabell 4. Fig.180

s.107..Fig.169. strekkstyrketest, blå bomull, etter rens, (sotsvamp), se tabell 5.Fig.181

s.107..Fig.170. strekkstyrketest, rød bomull, kæde (renning), reference, se tabell 6.Fig.182

s.108..Fig.171. strekkstyrketest, rød bomull, skud (innslag) reference, se tabell 7. Fig.183

s.108..Fig.172. strekkstyrketest, rød bomull, før rens, skud (innslag) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 8.Fig.184

s.108..Fig.173. strekkstyrketest, rød bomull, etter rens, skud (innslag) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 9.Fig.185

s.109..Fig.174. strekkstyrketest, rød bomull, etter rens, Kæde (renning) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 10.Fig.186

s.109..Fig.175. strekkstyrketest, rød bomull, før rens kæde (renning), (Sotsvamp), se tabell 11. Fig.187

s.109..Fig.176. strekkstyrketest, rød bomull, etter rens, kæde (renning) (sotsvamp), se tabell 12. Fig.188

s.110..Fig.177, Tabell 1. strekkstyrketest, Blå bomuld, reference

s.110..Fig.178, Tabell. 2. strekkstyrketest, Blå bomuld, før rens (tørris-CO<sub>2</sub>blåsing)

s.110..Fig.179, Tabell. 3. strekkstyrketest, Blå bomuld, efter rens (tørris-CO<sub>2</sub>blåsing)

s.110..Fig.180, Tabell 4. strekkstyrketest, Blå bomuld, før rens (sotsvamp)

s.111..Fig.181, Tabell 5. strekkstyrketest, Blå bomuld, efter rens (sotsvamp)

s.111..Fig.182, Tabell 6. strekkstyrketest, Rød bomuld, kæde (renning), reference

s.111..Fig.183, Tabell 7. strekkstyrketest, Rød bomuld, skud (innslag), reference

s.112..Fig.184, Tabell 8. strekkstyrketest, Rød bomuld, før rens, skud (innslag) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing)

s.112..Fig.185, Tabell 9. strekkstyrketest, Rød bomuld, efter rens, skud (innslag) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing)

s.112..Fig.186, Tabell 10. strekkstyrketest, Rød bomuld, efter rens kæde (renning), (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing)

s.113..Fig.187, Tabell 11. strekkstyrketest, Rød bomuld, før rens, kæde (renning) (sotsvamp)

s.113..Fig.188, Tabell 12. strekkstyrketest, Rød bomuld, Efter rens, kæde (renning), (sotsvamp)



## 1.0. Introduksjon

### *1.0.1. Introduksjon, bakgrunn til problemstilling*

Selv med stadig bedre forebyggende tiltak for å forhindre brann, har det dessverre i moderne tid vært tilfeller med ulmebrann, branntilløp og brann ved samlinger i museer, magasiner, historiske hus, offentlige institusjoner og private hjem (Alexandersson et al. 2004, Baril 1998, Dorge & Jones 1999, Jespersen og Billeschou Juhl 2013:3-11, Kidd 1995 og Stovel 1998:43-55). Brann fører til store materielle skader, fra fullstendig tap av gjenstander til sot og røykskader (Stovel 1998:43). Sotavsetning oppstår raskt i en brann eller røykutvikling, der alle eksponerte flater blir dekket av et forurensende, kjemisk nedbrytende og estetisk skjemmende sotlag (Ginell 1988:7 og Spafford-Ricci & Graham 2000b:38). Sotpartikler binder seg tett, både kjemisk og fysisk, til tekstilmaterialer, helt ned til fibernivå (utredet i delkapittel 4.4.1. og 4.4.2. i oppgaven). Dette medfører en kompleks og krevende renseprosess for konservator.

Den tradisjonelle rensemetoden for å fjerne sot fra tekstilgjenstander er en trestegs prosess: først støvsuging, deretter tørr mekanisk rens (som oftest sotsvamp) og til sist en kjemisk eller våtreng (Hackett 1998:63-64, Spafford-Ricci og Graham 2000a:2-4 og Spafford-Ricci & Graham 2000b:38). En beskrivelse av disse ulike rensemetodene gis i kapittel 3.0. Det viser seg, alle rensemetodene har sine svakheter. Sot bør fjernes så fort som mulig fra tekstiler, da sot blir vanskeligere å fjerne over tid (Hackett 1998:68 og Ginell 1988:7). Dette er en utfordring i tilfeller der omfanget av nedsotet tekstilmateriale er stort. Den ideelle rensemetode for fjerning av sot fra tekstil kan defineres å omfatte en effektiv og rask renseprosess. Samtidig som rensemetoden medfører et minimum av skade eller påvirkning på tekstilmaterialet, både kjemisk og mekanisk.

### *1.0.2. Introduksjon, problemstilling for denne masteroppgaven*

Fast karbondioksid(CO<sub>2</sub>)blåsing har vært og blir benyttet innen restverdiredning av brannskadet materiale og husinteriør av kommersielle firmaer (Cold Jet 2013b, Cryo Tech 2007 og Dry Ice Blast Cleaning.com 2000-2011). I løpet av de siste årene har fast CO<sub>2</sub>blåsing også blitt testet ut innen restverdiredning i konservering og er konkludert til å ha et potensial (Higginson & Prytulak 2012:44 og Silverman 2008). Denne fremgangsmåten er effektiv, medfører lite visuelle skader sammenlignet med andre rensemetoder og etterlater ingen restprodukter i materialet som renses (Silverman 2008). I tillegg er fast CO<sub>2</sub>blåsing promotert som et miljøvennlig alternativ, der CO<sub>2</sub> gass gjenbrukes, en egenskap som er og bør være i fokus ved

dagens valg av rensemetoder (Sherman et al. 1998:257). Ennå er ikke metoden testet i særlig grad på tekstilgjenstander fra en museums kontekst. Denne oppgaven vil kartlegge om fast CO<sub>2</sub>blåsing kan benyttes som en fremgangsmåte for å fjerne sot etter brann fra tekstil, med henblikk på historiske tekstiler i en museums kontekst. Problemstillingen tilnærmes med både en teoretisk del og tre praktiske eksperimenter, presentert i metodikk kapittelet 2.0-2.4.

## **1.1. Hvorfor forsøke å konservere tekstil utsatt for brann?**

### *1.1.1. Verdigrunnlag for konserveringstiltak*

Tekstiler som har gjennomgått en ulmebrann, branntilløp og brann har fått irreversible skader og kan være svært nedbrutt. I enkelte tilfeller kan de være fullstendig omdannet til karbonmateriale og kan defineres som fullstendig tapt. Likevel bør ikke tilstanden være den ene faktoren som avgjør hva som skal gjøres med materialet, avhende eller konservere.

Tekstilgjenstander har, som gjenstander av andre materialer, en historisk, kunsthistorisk, lokal eller nasjonal verdi. De må derfor vurderes og behandles på lik linje med gjenstander i andre materialgrupper. Det enkelte tilfelle av skade, den samlede verdien til gjenstanden og dets betydning og plassering i kontekst, må vurderes for å kunne konkludere hvilken behandling gjenstanden skal få (Appelbaum 2007:86-118 og 161-167 og 290-292 og Russell & Winkworth 2009).

### *1.1.2. Formålet med rensing av sot fra tekstil*

Hva er formålet med rensing av brannskadet tekstilmateriale? I Marko (1997:108) sin artikkel: *Continuing Conservation Traditions at Uppråk: The Conservation of the Saloon Curtains*, er målsettingen å konservere tekstilmateriales utseende tilbake til utgangspunktet før brannen. Rensingen er sett på som en av flere elementer i en helhetlig konservering. Det kan stilles spørsmål om det er mulig å konservere tekstilmaterialet tilbake til utgangspunktet. Og hvor går grensen for når rensing skader mer enn den gjør nytte? Hackett (1998:66) observerte rensforsøkene for å fjerne sot resulterte i materielle skader på tekstilene. Enhver rensing og konservering må derfor utføres etter en evaluering av gjenstandens tilstand, og dermed hva som er realistisk å gjennomføre.

I denne oppgaven utføres tre eksperimenter, presentert under delkapittel 2.3.2. og kapittel 5. Målsettingen i disse eksperimentene er å teste hvorvidt fast CO<sub>2</sub>blåsing kan benyttes som fremgangsmåte for å fjerne sot fra tekstil som et materiale og omfatter ikke å utføre en full etisk

korrekt konserveringsbehandling på tekstilmaterialene. Et utvalg på fullstendig behandling av tekstil etter brann vises i: Derelien (1988:9-10), Marko (1997:108-117), Spafford-Ricci & Graham (2000b:37-56) og Wylie & Singer (1997:118-127).

## 1.2. Inspirasjonskilde for problemstilling samt pretesting av fast CO<sub>2</sub>blåsing

### 1.2.1. Valg av fast CO<sub>2</sub>blåsing som rensemetode for å fjerne sot fra tekstil

Problemstillingen i denne masteroppgaven er utarbeidet fra både rent praktiske konserveringsspørsmål og en teoretisk vurdering (Christensen 2004:88og90). Fokuset på tekstil er valgt ut fra en personlig interesse for materialet. Inspirasjon for å teste fast CO<sub>2</sub>blåsing på tekstil oppstod fra opplysninger Norsk Teknisk Museum i Oslo testet denne metoden for å rense smuss og skitt fra tekstil høsten 2012 (Dalåsen 2012 muntlig kommunikasjon). Resultatene fra denne rensingen ble konkludert ut fra en visuell observasjon til å være gode, der smuss var fjernet og ingen visuelle skader. Norsk Teknisk Museums test medførte spørsmål og tankerekker, og et ønske om å kartlegge hvordan fast CO<sub>2</sub>blåsing påvirker tekstil utover visuell observasjon på makronivå.

Begrunnelsen for valget, å teste fast CO<sub>2</sub>blåsing som fremgangsmåte for å fjerne sot fra tekstil, er basert på to tidligere resultater. For det første viser andre forsøk at fast CO<sub>2</sub>blåsing vellykket fjernet sot fra tekstiltrukne bøker etter brann (Silverman 2008). Det er derfor ønskelig å vurdere om metoden kan overføres og er egnet på tekstil i denne oppgaven. For det andre viste resultater fra egendesignet pretesting av fast CO<sub>2</sub>blåsing på sotdekket tekstil, metoden har et potensial. Pretesten ble utført på bomullsprøver der kald sot ble gnidd inn i overflaten. Samme type rød bomull som benyttes i de praktiske eksperimentene i denne oppgaven ble brukt i pretesten (se delkapittel 2.2). Pretesten ble utført med Cryomidi plus® pneumatic dry blasting machine på 2 Bar i 30 sekunder på en meters avstand til tekstilprøvene i en 45 graders blåsevinkel. En resultatvurdering indikerte sot ble fjernet og ingen synlige skader på tekstilstrukturen ble observert, sett med visuell observasjon, foto og mikrofotografiundersøkelse på 200 gangers forstørrelse (se fig.1-fig.2).

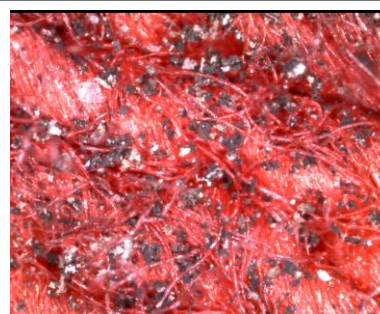


Fig.1.før rens, pretest, bomull x200



Fig. 2.etter rens, pretest, bomull x200

### **1.3. Kapitlenes oppbygning og begrensninger i oppgaven**

#### *1.3.1. Kapitlenes oppbygning i oppgaven*

Kapittel 1 gir en introduksjon til oppgavens problemstilling og valgte tematikk.

Kapittel 2 redegjør for oppgavens metodikk, der den teoretiske bakgrunnen i litteratursøk redegjøres for og den praktiske tilnærmingen med eksperimenter beskrives. Metoden til eksperimentene samt kriterier og analyseteknikker presenteres avslutningsvis i kapittel 2.

Kapittel 3 redegjør for bakgrunnshistorikk innen tradisjonelle rensemetoder for fjerning av sot fra tekstil, som følges av en presentasjon i bruk av fast CO<sub>2</sub>blåsing i konservering. Kapittel 4 omfatter en redegjørelse av de teoretiske elementene i oppgavens tematikk: tekstil, brann, sot og fast CO<sub>2</sub>blåsing og hvordan de ulike faktorene påvirker hverandre. Kapittel 5 gir en detaljert beskrivelse av den forberedende soteprosessen av tekstilprøvene og oppgavens tre eksperimenter. Kapittel 6 vurderer og drøfter resultater fra den forberedende soteprosessen og de tre eksperimentene. Eksperimentene og analyseteknikkene evalueres i forhold til egnethet og validitet. Kapittel 7 oppsummerer og konkluderer, samt presenterer videre forskningsmuligheter.

#### *1.3.2 Begrensninger i oppgaven*

I oppgavens eksperimenter er en kartlegging av eventuelle endringer i fiber og tekstilstruktur i prøvematerialet vektlagt. Oppgaven omfatter ikke en vurdering av hvordan rensemetoden påvirker fargestoff i disse tekstilprøvene, utover å konstantere om en forskjell i farge har oppstått eller ikke. Hensikten med dette valget er å begrense oppgaven. Men også fordi så få prøver bevarte sin naturlige farge på grunn av varmeskader fra soteprosessen (se delkapitlene 5.1 og 6.2). Oppgaven omfatter således ikke en identifiseringsprosess av innfarging, bortsett fra en konstatering rødfargen i rød bomullsprøve er vannløselig, mens fargestoffene i de andre tekstilene ikke er vannløselige (for beskrivelse av tekstilprøvene se kapittel 2.2). Heller ikke en identifisering av innfargingsprosess og trykkeprosess er utført. For seinere forskning vil fast CO<sub>2</sub>blåsing og et brannforløps påvirkning på innfarging og fargestoffer være et interessant forskningsområde.

Et av eksperimentene i oppgaven omfatter å sammenligne to tradisjonelle rensemetoder med fast CO<sub>2</sub>blåsing (se delkapitlene 5.3 og 6.4). Det er valgt å begrense oppgaven til to tørre mekaniske rensemetoder, støvsuger og sotsvamp, da fast CO<sub>2</sub>blåsing også faller inn under

denne kategorien av rensebehandlinger. Våt og kjemisk rens testes derfor ikke i denne oppgaven, og dette valget redegjøres for i delkapittel 3.0.3.

#### **1.4. Definisjoner av fagterminologi brukt i oppgaven**

- *Fast CO<sub>2</sub>blåsing*: i denne oppgaven vil rensemetoden fast karbondioksid(CO<sub>2</sub>)blåsing eller tørrisblåsing omtales og kalles fast CO<sub>2</sub>blåsing. Ordet *fast* står for hard CO<sub>2</sub> pellets. Rensemetoden forklares i kapittel 4.5.
- *makronivå og mikronivå*: makronivå defineres i denne oppgaven som studie på tekstilet fra strukturnivå ned til trådnivå. Mikronivå defineres til studie av fibernivå i tekstilet.
- *Sotavsetning*: tilsier alle overflater der sotpartikler har eksponert og festet seg slik at overflaten er dekket.
- *Tørr mekanisk rensemetode*: defineres i oppgaven til en rensemetode som er tørr og ikke inneholder vann eller løsemidler, og medfører en mekanisk bearbeidelse av overflaten.
- *Tekstiler fra en museums kontekst*: defineres i oppgaven til tekstiler fra en museums samling. Men vil også omfatte tekstiler med en kunst- eller kulturverdi som ikke er direkte knyttet til et museum.

## **2.0. Metodikk**

### *2.0.1. Kapittelets formål*

Dette kapittelet redegjør for valgt metodikk i oppgaven. Først beskrives målsetting og oppbygning av oppgaven. Deretter presenteres oppgavens teoretiske tilnærming med litteratursøk. Så følger en presentasjon av materialvalg til oppgavens tre praktiske eksperimenter. Til sist beskrives kort oppgavens eksperimenter, kriterier og analysemetoder som benyttes for å evaluere eksperimentenes resultater.

### *2.0.2. Oppgavens målsetting*

Hensikten med denne oppgaven er å evaluere om fast CO<sub>2</sub>blåsing kan brukes for å fjerne sotpartikler avsatt på tekstil etter brann, med et henblikk på historisk tekstil fra en museums kontekst. Fast CO<sub>2</sub>blåsing er en relativt ny introdusert rensemetode i konservering (se delkapittel 3.1). En omfattende evaluering av rensemetoden og om den kan benyttes på tekstilmateriale er av interesse i konserveringsøyemed, da fast CO<sub>2</sub>blåsing er i liten grad ennå testet på tekstil. Som nevnt i introduksjonen 1.0 er renseprosessen for å fjerne sot fra tekstil etter brann krevende og kompleks (belyst videre i kapittel 3 og 4). I kapittel 1.2 belyses det at fast CO<sub>2</sub>blåsing har et potensial som alternativ rensemetode ut fra egendesignet pretest og test på andre materialer funnet i litteraturen (Silverman 2008). Hvis fast CO<sub>2</sub>blåsing kan konkluderes som egnet metode for å fjerne sot fra tekstil, bidrar oppgaven med en alternativ rensebehandling for museums tekstilgjensstander. Et delmål i oppgaven er å belyse hvordan brannforløp samt sotavsetning påvirker tekstilmaterialer, og medvirker til en mer kompleks renseprosess.

### *2.0.3. Oppbygning av oppgaven*

Oppgaven har både en teoretisk og praktisk tilnærming. Den teoretiske tilnærmingen består av litteratursøk innen utvalgte emner. Søket gir et teoretisk grunnlag for å forstå de kjemiske og fysiske egenskapene samt interaksjonen mellom de ulike faktorene i renseprosessen: tekstil, brann, sot og fast CO<sub>2</sub>blåsing. Deretter følger oppgavens praktiske tilnærming. En forberedende sote prosess av tekstilene til eksperimentene beskrives først. Deretter følger tre praktiske eksperimenter, som evalueres med utvalgte kvalitative og kvantitative analyseteknikker. Eksperimentenes resultater drøftes opp mot et sett kriterier og det teoretiske grunnlaget i oppgaven, som leder frem til en samlet konklusjon på oppgavens problemstilling.

## **2.1. En teoretisk bakgrunn: litteratursøk**

### *2.1.1. Litteratursøk for rensing av sot fra tekstil*

Et litteratursøk i tekstilkonservering, forebyggende tiltak og krisehåndtering er utført for å kartlegge tradisjonelle rensemetoder for å fjerne sot fra tekstil etter brann. Søket gir en oversikt over de alternative rensebehandlingene som benyttes, og presenteres under kapittel 3.0. Innen restverdiredning i tekstilkonservering er det publisert få relevante fagtekster. I hovedsak redegjør og evaluerer de relevante artiklene om erfaringer fra håndtering og konservering av tekstil etter brann, se kapittel 3.0. Disse artiklene er benyttet i oppgaven, da de gir informasjon om hvordan rensebehandlingene virker i praksis.

### *2.1.2. Litteratursøk for bruk av fast CO<sub>2</sub>blåsing i konservering*

Et litteratursøk innen bakgrunnshistorikk for bruk av fast CO<sub>2</sub>blåsing med fokus på konserveringsbehandlinger er utført. Dette for å vurdere hvilke materialer og rensesammenhenger metoden har blitt testet i, se kapittel 3.1 for litteraturgjennomgang. Søk er utført via: AATA getty online, Jstor, bibsys og google scholar, med hensikt å finne litteratur om liknende test av fast CO<sub>2</sub>blåsing. Avhandlingsdatabaser ved Göteborg Universitet, Glasgow Universitet og Faghøyskole i Köln, som alle tilbyr tekstilkonservingsutdannelse, er også gjennomgått. I tillegg er konserveringslitteratur og litteratur innen relaterte emner som kultur, arkivkunnskap samt restverdiredning gjennomført spesifikt for eksempler på test av fast CO<sub>2</sub>blåsing på tekstil og andre materialer etter brann.

### *2.1.3. Litteratursøk for en teoretisk bakgrunn*

En teoretisk utgreiing av den kjemiske og fysiske oppbygning og struktur til: tekstil, brannforløp, sot og fast CO<sub>2</sub>blåsing, var nødvendig for å forstå hvordan elementene påvirker hverandre. Dette presenteres i kapittel 3. Det teoretiske grunnlaget er et resultat av omfattende litteratursøk innen en rekke ulike fagfelt: kjemi, fysikk, brannvern, tekstilkonservering, generell gjenstandskonservering samt ingeniørkunnskap for fast CO<sub>2</sub>blåsing. Litteratursøket gav et grunnlag for å forstå hvordan brann og sot påvirker samt skader tekstilmaterialer. I tillegg gav søket en mulighet for å sette opp en teori hvordan fast CO<sub>2</sub> blåsing kan fjerne sot fra tekstil.

## 2.2. Beskrivelse av tekstilmaterialene benyttet i oppgavens tre praktiske eksperimenter

### 2.2.1. Valg av tekstilprøver til eksperimentene

Oppgavens praktiske tilnærming består av en forberedende soteprosess samt tre praktiske eksperimenter. Hensikten med eksperimentene er å kartlegge om fast CO<sub>2</sub>blåsing kan brukes for å fjerne sot fra tekstil. Til eksperimentene er det behov for et utvalg av tekstilprøver. Det benyttes i denne oppgaven tekstiler med privat opprinnelse og ikke fra museums samling. Dette da fast CO<sub>2</sub>blåsing har i liten grad blitt testet ut, er det vurdert som etisk korrekt å teste metoden ut på prøvetekstiler før museumsgjenstander. Dessuten gjennomgår tekstilene en destruktiv soteprosess. Tekstilene er valgt etter kriterier som skal gjøre resultatene overførbare til tekstiler fra museumskontekst. Fire kriterier for utvalget av tekstiler følges: forskjellig tilstand, naturlig aldring, tilvirkningsmetode og tekstilstruktur. Kriteriene er utvalgt for å sikre en bredde av ulike tekstilmaterialer og tilstander på et begrenset antall prøver til forsøkene. Til to av laboratorieeksperimentene benyttes fire ulike todimensjonale tekstilprøver: to typer av vevet bomullsmateriale, ett sett strikket prøver i ren ull og ullfiltprøver i 80% ull med 20% akryl. Imidlertid forkullet ullfiltprøvene under for høy temperatur i soteprosessen som ble utført for å sote kontrollert alle tekstilprøvene til eksperimentene (se delkapittel 5.1 og 6.3). Ullfiltprøvene beskrives derfor ikke. Bomull og ull er valgt ut som hovedtestmaterialer. Sotpartikler sitter tettere fast mot fiberoverflaten til ull og bomull på grunn av den morfologiske oppbygningen, sammenlignet med glatte syntetiske fibre (Tímár - Balázs & Eastop 1998:160). Gir rensemethodene på ull og bomull gode resultater, kan rensemethodene sannsynligvis også benyttes på syntetiske materialer ut fra en morfologisk vurdering. Det var tenkt å sammenligne de rene ullprøvene med ullfilt-akryl prøvene for å evaluere om de reagerte forskjellig på rensemethoden. Imidlertid er dette ikke mulig da ullfiltprøvene gikk tapt. Alle tekstilprøvene systematiseres og kodes for å lett kunne identifisere og skille de ulike prøvene fra hverandre (se fig.52, s.85). Det holdes av ett sett av alle de fire tekstilprøvene som kontrollprøver i eksperimentene som ikke sotes. Etter soting kartlegges og tilstandvurderes prøvene med visuell observasjon, foto, mikrofotografi og mikroskopianalyse.

### 2.2.2. Beskrivelse av de todimensjonale tekstilprøvene

Det ene bomullstekstilet er rød ensfarget bomull, navngitt videre i teksten som *rød bomull* (fig.3, se neste side). For mer detaljert beskrivelse av fremstillingsteknologi se fig.53, s.86. Det andre bomullstekstilet har lyseblå bunnfarge med hvitt trykkmotiv og er navngitt videre i



teksten som *blå bomull* (fig.4). Se fig.54, s.86, for detaljert fremstillingsteknologi. En mikroskopianalyse med Leica DLML gjennomlysning på 500 forstørrelse, bekrefter materialene er bomull. Begge prøvene viser typiske karaktertrekk for bomull, tvinninger på fiberen, en kollapset lumen og kidney bønneform på tverrsnittet (fig.126,s.97, og fig.132, s.98, Barnett Balaam 2004:5-7og15og36-37 og Cook 1993:41-72). Begge bomullsprøvene klippes til 12 prøvelapper hver på 20cmx20cm. Strikket hvitt ullgarn, navngitt videre i teksten som *ullprøve* er tredje og siste todimensjonale tekstilprøve. 12 prøver på 15cmx10cm er strikket av Triplex Sandnes kamgarn spinneri (fig.5). For detaljert beskrivelse av teknologisk fremstilling se fig.55, s.86. Garnet er merket 100% ren ull, bekreftet i en mikroskopfiberanalyse ved observasjon av skjellstruktur på fiberoverflaten, som er et typisk karaktertrekk for ull (fig.129,s.97, Barnett Balaam 2004:5-7og15og47 og Cook 1993:86-123). Infrarød mikroskopi (FTIR) kunne vært benyttet for å gi en sekundær bekreftelse på identifiseringen av fibre. Imidlertid anses ikke dette som nødvendig da karaktertrekkene på fibre var tydelige (Stuart 2007:131-132).

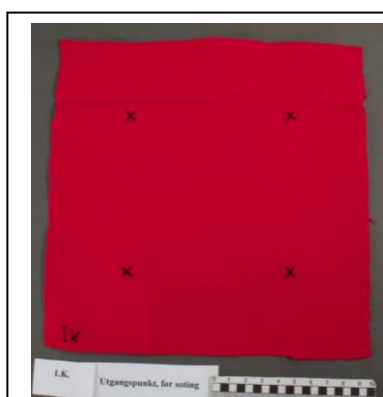


Fig.3. før soting, rød bomullsprøve

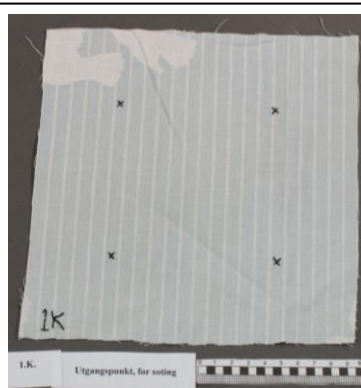


Fig.4. før soting, blå bomullsprøve



Fig.5. før soting, hvit ullprøve

### 2.2.3. Begrunnelse for valg av tekstilprøver, belyst gjennom oppfyllelse av kriteriene

Første kriterium er ulik tilstand på tekstilene. Ullfiltprøvene, som gikk tapt, var nyprodusert tekstil, tiltenkt å være representant for tekstilprøver som ikke var nedbrutt. Ullgarnet er ca 30 år, men i god tilstand. Ingen visuelle skader observeres på ullfiberoverflatene med mikroskopianalyse (fig.129,s.97). Ullprøvene er nylig strikket. Bomullsmaterialene er begge 30 år, men i ulik tilstand. Rød bomull har ikke vært eksponert for lys, mens blå bomull har vært eksponert for sollys i sørvendt vindu i 20 år og var vesentlig bleket og nedbrutt. En mikroskopianalyse indikerte en forskjell i fibre mellom de to bomullstekstilene. Rød bomull viste en god tilstand (fig.126,s.97). Blå bomull var derimot slitt og nedbrutt (fig.132,s.98).

Det andre utvalgsriteriet er naturlig aldring av tekstilene. Naturlig aldret tekstil er påvirket av ulike nedbrytende faktorer. Dette gir et mer realistisk sammenligningsgrunnlag til hvordan tekstil i museumsamlinger har nedbrutt, sammenlignet med fremskyndet kunstig aldringsprosess av nye tekstiler. Dermed er resultatene mer overførbare. Garnet i de strikkede ullprøvene er naturlig aldret. Begge bomullsmaterialene er naturlig aldret, der blå bomull i større grad er nedbrutt på grunn av tidligere bruk.

Ulik teknologifremstilling av materialet er det tredje utvalgsriteriet. Sammenføyning påvirker hvor dypt sotpartikler avsettes i tekstilmaterialet (Tímár-Balázs & Eastop 1998:160). Løst spunnet tråder med åpen sammenføyningsteknikk i tekstilet, som strikket ull, medfører sot avsettes dypere inn i tekstilet enn i tettvevet materiale. Dermed gir dette en mulighet for å vurdere om rensemotodene reduserer sotavsetning i både tett og løst sammenføyet tekstil. Ved å teste strikket ullprøver og tettvevet bomullsprøver med de ulike teknologisammenføyninger gir dette også en mulighet for å visuelt vurdere om fleksibilitet og vevestrukturen i materialet påvirker renseresultatene.

Ulik tekstilstruktur er fjerde kriterium. Bomullstekstilene velges også på grunn av ulik tyngde og tykkelse, som skyldes ulik tykkelse i trådene og ulik vevemetode. Tykkelsen og tyngden i tekstilet påvirker i hvilken grad tekstilmaterialet vibrerer under blåsing ved fast CO<sub>2</sub>blåsing. En vibrasjon kan medføre risiko for mekaniske skader i tekstilet. Trolig er det større risiko for vibrasjonskader på de tynne og nedbrutte blå bomullsprøvene av fast CO<sub>2</sub>blåsing, enn de mer robuste og tykkere røde bomullsprøvene.

Målet med å teste flere typer tekstiler med ulike tilvirkningsteknikker og forskjellig tilstand, er å skape en bred utprøving med fast CO<sub>2</sub>blåsing. Forsøket kunne inkludert både: nytt bomullstekstil, nytt ullgarn til strikkeprøver og aldret ullfilt, for å kunne vurdere i hvilken grad aldret utgangspunkt påvirker renseresultatene. Imidlertid ville omfanget av tekstilprøver blitt for stort i forhold til oppgavens rammer.

#### *2.2.4. Tekstilgjenstand for tredje eksperiment i oppgaven*

Til tredje og siste eksperiment i oppgaven, fast CO<sub>2</sub>blåses en tredimensjonal tekstilbasert gjenstand. Dette for å kunne evaluere rensemotoden på en gjenstand med tredimensjonalform. En damekåpe representerer tekstilgjenstanden (fig.6, s.10 og fig.84-85, s.91). Se tabell fig.56,s.87 for informasjon om kåpens teknologioppbygning. Kåpen velges ut fra kriteriene:

brukt men i god tilstand, et innhold av både naturlig og syntetiske fibre, fri for skadedyrbekjempende kjemikalier og gjenstanden er en kompositt. Kriterier er valgt for å sikre en bred test av metoden, av praktiske årsaker og for å sikre overførbarhet til museumsamlinger.

Første kriterium er oppfylt, da kåpen er brukt og noe nedbrutt i en alder av 30 år, men i relativt god stand, bekreftet gjennom en kartleggingsanalyse. Dette gjør resultatene fra renseforsøket på kåpen mer overførbare til museums tekstilgjenstander enn ved valg av en ny tekstilgjenstand.



Fig.6. Før soting, kåpens fremside delvis åpen så fôret er synlig.

Andre kriterium er oppfylt, da kåpen innhold et ytterstoff med både naturlige og syntetiske tekstilfibre (se fig.56,s.86). Ønske å teste et tekstil med ulike fibre er basert på å kunne observere om ulik reaksjon i fibre oppstår av den faste CO<sub>2</sub>blåsing. En fiberanalyse på mikroskop bekreftet ull, bomull og akryl er tilstede i ytterstoffet i kåpen. Det er også ønskelig å evaluere hvordan syntetisk materiale reagerer på fast CO<sub>2</sub>blåsing. Fôret på kåpen er merket 100 % polyester, og oppfyller dermed dette kravet.

Tredje kriterium omfatter gjenstanden skal være fri for skadedyrbekjempende kjemikalier. Slike kjemikalier medfører håndteringsproblematikk i forhold til sikkerhetsklarering. Dette kunne raskt ledet oppgaven inn på en annen problemstilling enn ønsket. Kåpen er donert fra privatperson, dens historikk er kjent, fra innkjøp, bruk og til sist oppbevaring. Det er ikke tilsatt noen kjemikalier for å forhindre skadedyrangrep og oppfyller også dette kriteriet.

Fjerde kriterium omfatter gjenstanden skal være en kompositt. Dette for å vurdere mulighet for å behandle en komposittgjenstand som en helhet. Det vil si å ikke utføre en demontering av de ulike materialgruppene før rensing, som omfatter et stort inngrep i gjenstanden. Kåpen består av to ulike tekstilmaterialer samt knapper i et ukjent materiale som likner plast, og oppfyller dermed kriteriet.

## 2.3. Oppgavens eksperimenter

### 2.3.1. Fremgangsmetode

De tre eksperimentene som benyttes i oppgaven er egenkonstruerte, basert på prinsipper fra grunnleggende vitenskaplig forskningsmetodikk samt artikkel med renseforsøk innen tekstilkonservering som er *peer reviewed* (Christensen 2004, Denzin & Lincoln 2013:1-49,178-183, Maxwell & Delaney 1990:25-86, Novikov & Novikov 2013, Shashoua 1996:714-720). Egenkonstruerte forsøk gav mulighet til å spesifisere og tilpasse eksperimenter til den gitte problemstilling. Tekstilene gjennomgikk en kontrollert soteprosess for å dekkes med sot til renseeksperimentene, og prosessen presenteres i delkapitlene 5.1. og 6.3.

I tankeprosessen rundt problemstillingen oppstod en rekke delspørsmål, der tre av spørsmålene vil avklares for å belyse oppgavens tematikk. Hvordan påvirker fast CO<sub>2</sub>blåsing som behandling tekstil? Hvordan er metoden i sammenligning med andre tradisjonelle tørre rensemetoder? I hvilken grad kan metoden benyttes på tredimensjonale tekstilgjenstander?

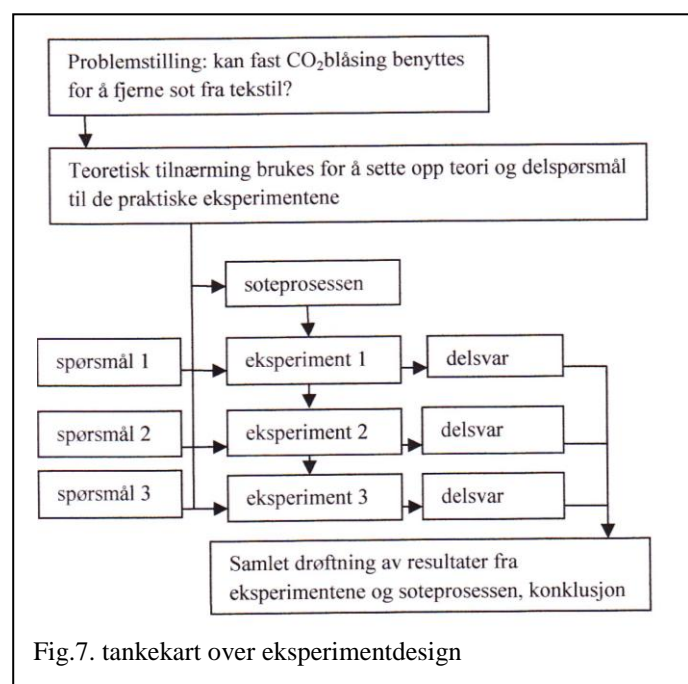


Fig.7. tankekart over eksperimentdesign

Tre laboratorieeksperimenter designes, som hver seg svarer på ett av disse delspørsmålene. Målet med oppsettet av de tre eksperimentene er å skape en fremgangsmetode der kunnskap fra forrige eksperiment trekkes inn i neste (se fig.7). Samlet kan resultatene fra eksperimentene danne et grunnlag for en konklusjon på problemstillingen.

### 2.3.2. Beskrivelse av eksperimentene

Første eksperiments målsetting er å få en forståelse for hvordan fast CO<sub>2</sub>blåsing fjerner sot fra tekstil og metodens påvirkning på tekstil. Eksperimentet utføres på de todimensjonale tekstilprøvene, beskrevet over i kapittel 4.1. Eksperimentet er todelt, der første del sammenligner trykkluftblåsing og fast CO<sub>2</sub>blåsing, for å vurdere om det er trykkluft, eller både trykkluft og CO<sub>2</sub> partiklene i fast CO<sub>2</sub>blåsing som fjerner sotpartiklene. Del to, er et

mindre forsøk enn del 1, og består av å vurdere om og hvordan CO<sub>2</sub> pellets påvirker tekstiloverflaten, ved å utsette overflaten for direkte påføring av CO<sub>2</sub>pellets i ulike tidsintervaller: 5 sekunder, 10 sekunder, 30 sekunder og 60 sekunder. Siden denne andre delen av eksperimentet er mindre enn første del, vil andre delens fremgangsmetode og resultater presenteres mer kortfattet i kapittel 5.2.3 og 6.3.6.

Det andre eksperimentet har som målsetting å sammenligne to representanter for tradisjonelle tørre rensemetoder, støvsuger og sotsvamp, med fast CO<sub>2</sub>blåsing. Dette for å vurdere og sammenligne hvor mye synlig sot som er fjernet og i hvilken grad tekstilene påvirkes eller skades av behandlingene. Støvsugerrens og støvsugerrens i kombinasjon med sotsvamp testes. Anbefalt benyttes støvsuging og sotsvamp i kombinasjon for å fjerne mest mulig sotpartikler visuelt før en eventuell kjemisk rens eller våtreng (Francis 1998:39 og Spafford-Ricci & Graham 2000b:38). Imidlertid ved kun å støvsuge ett sett prøver gir dette mulighet for å evaluere denne rensbehandlingen. Eksperimentet utføres på de todimensjonale tekstilprøvene.

Tredje og siste eksperimentets målsetting er å evaluere fast CO<sub>2</sub>blåsing som fremgangsmåte for å fjerne sot fra en tredimensjonal tekstilgjenstand, kåpen. Da de to foregående eksperimentene kun tester rensbehandling på todimensjonale tekstilprøver. I en museums kontekst eksisterer tekstilmaterialer i både to- og tredimensjonalform og derfor er det viktig å teste metoden også på en tredimensjonal gjenstand. Resultatene av rensingen på kåpen vil sammenlignes opp mot de todimensjonale prøvenes resultater. Eksperimentet gir også mulighet for å teste fast CO<sub>2</sub>blåsing som rensemetode i en situasjon som likner mer en konserveringssituasjon, enn de to andre rene laboratorieforsøkene (Christensen 2004:78-80).

## **2.4 Kriterier og analyseteknikker**

### *2.4.1. Kriterier*

De tre eksperimentene bedømmes etter kriteriene: visuell reduksjon av sot fra overflaten, stabiliserende effekt ved å øke pH-verdien i tekstilet, minimumspåvirkning og skadeomfang på tekstilet av rensbehandlingen. Disse kriteriene er valgt ut fra ulike årsaker. For det første er målsettingen og hensikten med en rensbehandling å fjerne sot fra et tekstilet. For det andre bør rensemetoden ideelt redusere den eskalerende nedbrytningshastigheten i tekstilet som oppstår av sur sot og andre kjemikalier fra brannen, utdypet i delkapittel 4.3.3. (Spafford-

Ricci & Graham 1993:420 og Spafford-Ricci & Graham 2000b:38). Ved å fjerne kilden for forsurende effekt kan det redusere nedbrytningshastigheten og forsuring i tekstilet. PH-måling kan gi en indikasjon på om den forsurende soten er fjernet, og ideelt burde pH-verdien i tekstilet bringes tilbake til utgangspunktverdien før brannforløpet. Til sist er det vektlagt at rensemetoden skal medføre minst mulig tap og skader på tekstilet, inspirert av minimum inngreps begrepet (Muñoz Viñas 2010:47-57). I tillegg er rensemetodene kort vurdert i forhold til behovet for kompetanse og spesialutstyr samt sikring av helse, miljø og sikkerhet (HMS) se kapittel 6.6.

For å vurdere eksperimentene er det benyttet både kvalitative og kvantitative analyser og undersøkelser. Analyser og undersøkelsesmetoder er valgt ut fra deres egnethet til å belyse og gi tolkningsgrunnlag for den gitte målsettingen. For det andre er metodene valgt ut fra om de er benyttet tidligere innen konserveringsforskning (Shashoua 1996:714). Det er valgt å benytte 8 ulike analyserteknikker, som er tiltenkt å utfylle hverandre, for å redusere mulige feiltolkninger av resultatene. Analysene omfatter ofte en prøvetakning som viser et utsnitt av en større tekstilprøve. For å danne et gjennomsnittsbilde av tekstilet vil det ofte tas mer enn én prøve av hvert tekstil. Valg av analyseteknikker inkluderer ikke en vurdering om de er destruktive eller ikke-inngripende, dette da tekstilene i oppgaven kun har en verdi som forskningsmateriale.

#### *2.4.2. Visuelle kvalitative analyser*

Ulike former for visuell undersøkelse benyttes: visuell observasjon på makronivå, fotografi, mikrofotografi, mikroskopianalyse med fotodokumentasjon og topografibilder med sveipeelektronmikroskopi energi dispersiv røntgenspektroskopi (SEM-EDS). Som Denzin & Lincoln (2013:182) påpeker ligger de ovennevnte fotografiske datainnsamlingene på grensen mellom en kvalitativ og kvantitativ metode. De teknologiske fotoanalysene benyttes for å vurdere: fargeforandringer, tap av visuell sot, strukturelle visuelle forandringer i tekstilet og skader ned til fibernivå. Kartlegging på makronivå av tekstilets skadeomfang omfatter forskyvninger i vevestruktur og tråder, dannelse av nupper og revner i overflaten. På mikronivå kartlegges fiberoverflaten i forhold til: splittelser, fliser og brudd i overflaten.

En visuell observasjon på makronivå brukes alltid som den innledende teknikken og gir en forståelse av makrostruktur. Digitalt speilrefleksfotoapparat med gråkort benyttes og foto tas

av utgangspunkt, etter soting og etter rens av samtlige tekstilprøver og kåpen. Foto med gråkort gir mulighet for å sammenligne fargeforandringer mellom ulike faser.

Dino-lite Premier digital microscope AM4113/-FVW benyttes som digitalt bærbart mikrofotografi. Digital mikrofotografi er testet og benyttes for studie på tekstilmateriale i dag innen konservering (Bischoff & Murray 2005:95-101). Mikrofotografi brukes i oppgaven for å kartlegge sotavsetning samt forandringer i sammenføyningsstruktur og tråder i tekstiloverflaten på høyere forstørrelse enn det som er synlig med det blotte øye.

Analyse på Leica DLML mikroskop, gjennomlysning, 200 og 500 forstørrelse, utføres på fiberprøver fra alle tekstilprøvene. Dette gir en kvalitativ visuell vurdering av fibrene i tekstilprøvene og kåpen. Prøvene vurderes etter fargeendringer på fibrene, skader og forandringer på fibrene og tap av sot.

SEM-EDS topografi foto utføres med et Jeol JSM-840 scanning microscope på forstørrelse 250 og 1200, som gir høyere forstørrelse av fiberen enn vanlig mikroskopianalyse, og et mer detaljert nærbilde av fiberen. Både sotavsetning og forandringer på fibernivå kartlegges. Forandringer på overflaten kan indikere skader på den indre fiberstrukturen (France 2005:6).

#### *2.4.3. Kvantitative analyser*

Kvantitative analyser omfatter: kolorimetrianalyse, strekkstyrkestest, pH måling, vekt og dimensjonsmålinger. De kvantitative analysene brukes for å kartlegge fargeendringer, tap av sot, forandringer i tekstilets struktur som: styrke, vekt, dimensjon i tekstilet samt forandring på pH.

En kvantitativ kolorimetrianalyse for å måle fargeendring i tekstiloverflaten av rensingen utføres med spektralfotometer CM - 700d/600d Konica Minolta analyseapparat. En fargeendring kan gi indikasjon på tap av sotpartikler fra tekstiloverflaten. Målingene gjøres i *Specular component included* (SCI) gjenspeilingsrefleks, L\*a\*b\* fargesystem (Konica Minolta 2011-2013a og Konica Minolta, 2011-2013b). SCI målingene benyttes da flere av tekstiloverflatene har glans i utgangspunktet.

En strekkstyrketest gjøres for kvantitativ vurdering av eventuell svekkelse i tekstilstyrken av rensingene. Strekkstyrken er en av de viktigste mekaniske egenskapene til tekstil (France

2005:4). Analysen utføres på en Instron 55662kN og følger; *standard test method for breaking force and elongation of textile fabrics*, D5035 (The American Society for Testing Materials (ASTM) international 1999:673-679).

For å avdekke om rensemetodene testet i eksperimentene i oppgaven kan påvirke pH-verdien i de lett sotete tekstilprøvene, utføres pH-måling med mikroekstraksjon, der Horiba B-212 compact pH meter er benyttet. Målingene gjøres av tekstilprøvene før soting, etter soting og etter rens (Tse 2007).

Vektmåling gjøres på en analysevekt explorer OHAUS og gir en indikasjon på mengde sotpartikler som er påført og fjernet under renseforsøkene. Dimensjonsmål utføres med målebånd av tekstilenes utgangspunkt, før og etter rens. Dimensjonsmålinger utføres for å vurdere om dimensjonsendringer oppstår av renseprosessen.

Hvordan analyseteknikkene brukes i oppgaven beskrives under delkapittel 5.5. Deretter følger en evaluering av analyse og undersøkelsesmetoder i delkapittel 6.1. Oppsummert har kapittel 2 redegjort for metodikken i oppgaven. De neste to hovedkapitlene vil gi en nødvendig teoretisk innsikt i oppgavens tematikk.



### **3.0. Bakgrunnshistorikk: en redegjørelse om tradisjonelle rensemetoder av sot fra tekstil**

#### *3.0.1. Formålet med kapittelet og litteraturgjennomgang*

For å kunne sammenligne fast CO<sub>2</sub>blåsing med tradisjonelle mekaniske rensemetoder, redegjøres det i dette kapittelet for hvilke rensebehandlinger som benyttes i dag til fjerning av sot fra tekstil etter brann og røykutvikling. Presentasjonen omfatter også en redegjørelse for valg av fokus på tørre mekaniske rensemetoder. Derfor inkluderes også beskrivelse av våt og kjemisk rens, for å få et innblikk i begrensninger disse rensebehandlingene innehar.

Denne oversikten baserer seg på et litteratursøk i tekstilkonservering, forebyggende tiltak og krisehåndtering. Innen restverdireddning i tekstilkonservering er det publisert lite relevante artikler og fagtekster. I hovedsak redegjør og evaluerer artiklene om erfaringer fra håndtering og konservering av tekstilmateriale etter brann. Artikler som beskriver og evaluerer rensemetoder i praksis gir en verdifull informasjon for å få en forståelse for hvilke rensemetoder som benyttes og karakteriseres som mest egnet ut fra et praktisk perspektiv. De fleste artiklene om restverdireddning av tekstil er skrevet på slutten av 1990-tallet. De tradisjonelle rensemetodene som disse artiklene beskriver, blir i stor grad også brukt og beskrevet i nyere artikler, som eksempelvis Spafford-Ricci & Graham(2000b:37-56) og Jespersen og Billeschou Juhl (2013:3-11). Derfor refereres det til de tidligere artiklene også i denne oppgaven.

#### *3.0.2. Rensing av sot, en kompleks prosess påvirket av mange faktorer*

Francis (1998:42) påpeker hvor overraskende vanskelig det er å fjerne sot innen konserveringsbehandlinger. En redegjørelse for kjemisk og morfologisk oppbygning av sot og tekstilmateriale vil utdype dette utsagnet i kapittel 4. En årsak som kompliserer fjerning av sot er om tekstilmaterialet er håndtert på en slik måte at sotpartiklene har blitt mekanisk gnidd inn i overflaten (Francis 1998:39og42). Derfor bør håndtering av tekstilmaterialet før rensing unngås så langt det er mulig. Som kapittel 4 i oppgaven viser, vil type tekstilmateriale, type brannforløp, komposisjon av sotpartikkel og andre faktorer påvirke renseforløpet. Slik kan en behandling være vellykket på en gjenstand og være ugunstig på en annen. Likevel er det i litteraturen forsøkt å sette opp en standard tre-steps behandling for å rense vekk sot fra tekstil (Francis 1998, Hackett 1998:63-64, Manson 1993:7-8 og Spafford-Ricci & Graham 2000a:1-4). Først støvsuges overflaten fri for løstsittende sotpartikler. Deretter benyttes en form for tørr mekanisk rens, da oftest sotsvamp. Til sist brukes en våt eller kjemisk rens.

### *3.0.3. Våt og kjemisk rens: en redegjørelse for valg av fokus på tørre mekaniske renseteletter*

I delkapittel 1.3.2. ble det påpekt denne oppgaven fokuserer på tørre mekaniske renseteletter for å rense vekk sot. Det viser seg, tørre mekaniske renseteletter har sine fordeler fremfor våt og kjemisk rens. Sot består av hydrokarboner som ikke kan fjernes med polare løsemidler eller kun vann (Spafford-Ricci & Graham 2000b:54 og Tímár-Balázsý & Eastop 1998:160-162). Detergent må tilsettes vannløsning for å rense sot av tekstil. Vannløsninger med 1-3% natrium perborat eller 1-2% diammonium citrat kan benyttes (Spafford-Ricci & Graham 2000a:4). Imidlertid kan våtreng medføre risiko for strukturelle skader i tekstilmaterialet, da tekstilet blir tungt og svekket i en våt tilstand (Tímár-Balázsý & Eastop 1998:194). For tekstiler som alt er svekket av et brannforløp, kan denne behandlingen medføre en for stor strukturell belastning. Tørre renseteletter er et bedre alternativ enn våtreng for tekstil med ulike fibre, da fibrene kan svelle forskjellig og stress skapes i tekstilet. I tørkeprosessen fra en våtreng, er det risiko for krymping og deformasjon av tekstilmaterialet (Tímár-Balázsý & Eastop 1998:194 og Tímár-Balázsý 1999:661-666). Tekstilet kan også inneholde fargestoffer, trykk, dekorasjon eller andre materialer som kan være løselig i våtreng (Canadian Conservation Institute 2008).

I kjemisk rens av sot fra tekstil er det anbefalt organiske løsemidler basert på hydrokarboner, eksempler er: trikloroetylen, etanol, petroleumdestillater, mineralterpentin (Stoddard solvent) som inneholder en blanding av naphtha, mineral spirit, petroleumdestillater (Krowech 1988:11, Spafford-Ricci & Graham 2000a:4 og VWR HMS-datablad 2005). Rens med organiske kjemikalier benyttes der vannløsninger ikke kan brukes (Spafford-Ricci & Graham 2000a:4). Organiske løsemidler benyttes for å fjerne gule oksideringsflekker, men defineres som en mer aggressiv behandlingsform (Hackett 1998:66). Alternativt kan geler med organiske løsemidler også benyttes (Spafford-Ricci & Graham 2000b:54). Imidlertid medfører rens med organiske løsemidler restprodukter som er skadelige for miljøet (Sherman et al. 1998:253-271). Flere av løsemidlene som benyttes for kjemisk rens kan medføre en helserisiko for konservator (Sherman et al. 1998:253-271 og VWR HMS-datablad 2005). Ozon har blitt benyttet i kommersielle renseselskap for å fjerne sot og brannlukt fra tekstilmaterialer (Feather 1993, Jespersen & Billeschou Juhl 2013:6). Imidlertid påpekes det i konserveringslitteraturen ozonbehandling kan være kjemisk skadelig for tekstil og anbefales ikke å brukes (Hatchfield 2002:15-16 og Jespersen & Billeschou Juhl 2013:6).

### *3.0.4. Tradisjonelle tørre mekaniske rensemetoder for å fjerne sot fra tekstil*

Tørre rensemetoder opphever best bindingen mellom sot og tekstilflaten. Det er anbefalt å fjerne så mye sot som mulig med tørre mekaniske rensemetoder før våtreng eller kjemiskrens (Spafford-Ricci & Graham 2000a:3). Tørre mekaniske rensemetoder gir bedre mulighet for å kontrollere og stoppe en behandling enn våtreng. Støvsugning med HEPA- filter er en anbefalt fremgangsmåte å starte en behandling med. Støvsugning skal ikke medføre noen mekanisk bearbeidelse av tekstiloverflaten da munnstykket ikke har fysisk kontakt med overflaten. Suget på støvsugeren må tilpasses slik at det er sterkere enn bindingskraften mellom sot og tekstilflaten (Benjaminson 2012: 129). Hackett (1998:64) observerte støvsugning var lite effektiv, dette er trolig avhengig av morfologien og klebeevnen til sotpartiklene. Det kan konkluderes, støvsugning fjerner i hovedsak overfladiske løstsittende sotpartikler.

Ulike tørre mekaniske rensemetoder anbefales å benyttes etter støvsugning, eksempelvis viskølærpulver: Artgum, Skum-X eraser, vinylviskølær eller ulike sotsvamptyper (Spafford-Ricci & Graham 2000a:3). Oftest er det sotsvamp som anbefales og benyttes som tørr mekanisk rensemetode, og er definert som en effektiv fremgangsmåte for å fjerne sot (Hackett 1998:64 og 66, Roberts et al. 1988:1-31 og Spafford-Ricci & Graham 2000a:3). Sotsvamp er laget av vulkanisert naturgummi i form av vulkanisert cis-1,4-polyisoprene, med fyllmaterialer som kalsiumkarbonat (Moffatt 1992:9). Smusset bindes fast i den porøse overflaten til svampen og holdes fast. Når overflaten på svampen er skitten klippes den vekk for å avdekke en renere flate under. En mekanisk tørr-reng som sotsvamp, medfører en risiko for å knuse sotpartiklene til mindre enheter, som igjen blir trykket lengre inn i fiberstrukturen (Spafford-Ricci & Graham 2000a:2). En sotsvamprens etterlater partikler fra svampen på tekstiloverflaten som er vanskelig å fjerne. Disse partiklene kan inneholde sulfur som virker kjemisk nedbrytende på tekstilet (Hackett 1998:67). Dermed kan det oppsummeres, de tradisjonelle tørre mekaniske rensemetodene har også sine svakheter som rensemetode.

### *3.0.5. Moderne rensemetoder for å fjerne sot*

I de siste årene har nye teknologiske apparater blitt testet for å fjerne sot fra ulike materialer i konserveringssammenhenger. Brannskadet akvarell og tekstiler har blitt reng med atomisk oksygen og konkludert som vellykket (Rutledge et al. 2000). Imidlertid for å kunne utføre dette eksperimentet, ble det lånt inn utstyr fra NASA technologies (Rutledge et al. 2000). Laserreng har blitt testet for å reng sot etter brann på maleri og også konkludert som vellykket (Teule et al. 2002:252-256). Dette kan være en metode verdt å forske videre på

innen rens av sot på ulike materialer. Imidlertid vil ikke denne oppgaven gå videre med test av laserrens, da det medfører et fokus vekk fra oppgavens problemstilling.

### **3.1. Bakgrunnshistorikk: bruk av fast CO<sub>2</sub>blåsing i konservering**

#### *3.1.1. Litteratursøk for bruk av CO<sub>2</sub> og fast CO<sub>2</sub>blåsing i konservering*

I kapittel 4.5, redegjøres kjemisk sammensetning, fysikk og termiske egenskaper for fast CO<sub>2</sub>. I likhet med laserrensing er også CO<sub>2</sub> blåsing en rensemetode tradisjonelt benyttet i industrielt bruk (Cold Jet 2013a, Cryo Tech 2007, Dry Ice Blast Cleaning.com 2000-2011 og Teule et al. 2002:252-256). Allerede i 1974 skrev Fong (1974:66) en artikkel om bruksmulighetene til fast CO<sub>2</sub> blåsing. Et litteratursøk etter bruk av CO<sub>2</sub> innen konservering viser CO<sub>2</sub> har blitt testet i ulike konserveringstiltak i de siste 10 årene. Fast, superkritisk og flytende CO<sub>2</sub> har blitt testet for å rense ut ulike typer skadedyrbekjempende kjemikalier på forskjellige materialer, deriblant tekstiler (Tello et al. 2005:110-119, Tello & Unger, 2010:35-50, Von Ulmann 2003: 334-336, Zimmt et al. 2010a:51-57, Zimmt et al. 2010b:59-63). Litteratursøket indikerer fast CO<sub>2</sub>blåsing som metode testes og benyttes i hovedsak på å rense metall, ofte metallskulpturer i friluft (Denlert 2013:12-22, Godfraind et al. 2012:202 og Van der Molen et al. 2011:135-143). Fast CO<sub>2</sub>blåsing har også blitt testet på stein, mur og treverk (McCraig & Ridout 2012:408, Snethlage og Sterflinger 2011:450-454 og Unger et al. 2001:263). Samtidig testes fast CO<sub>2</sub>blåsing på stadig flere nye materialer i ulike rensesammenhenger (Fihl & Holmefjord 2011:15-18, Higginson & Prytulak 2012:44 og Silverman 2008). Det konkluderes i litteraturen, fast CO<sub>2</sub>blåsing gir både gode og dårlige resultater avhengig av hvilke type materiale som renses samt hvilke type smuss som blir fjernet.

#### *3.1.2. Litteratursøk for fast CO<sub>2</sub>blåsing benyttet for å fjerne sot fra brannskadet tekstil*

Det var ønskelig å finne eksempler i litteraturen som omhandlet bruk av fast CO<sub>2</sub>blåsing for å fjerne sot fra tekstil etter brann. Dette for å kunne sammenligne resultater i drøftningsdelen med resultater hentet fra forsøk i litteraturen. Imidlertid viste det seg å være et svært begrenset utvalg av liknede forskning. Søk er utført via: AATA getty online, Jstor, bibbys og google scholar. Ingen funn ble gjort. Avhandlingsdatabaser er gjennomgått ved Göteborg universitet, Glasgow universitet og universitetet i Köln som alle tilbyr tekstilkonserveringsutdanning. Dette for å evaluere om liknede forskning, doktoravhandlinger, masteroppgaver eller bacheloroppgaver er utført som denne masteroppgaven fokuserer på (Fachhochschule Köln,

Göteborgs Universitet 2011 og University of Glasgow). Det var ikke mulig å finne noen avhandlinger som omhandlet samme tematikk eller liknende forskning.

Konserveringslitteratur og litteratur innen relaterte emner som kultur, arkivkunnskap og restverdireddning ble søkt igjennom, for å finne test av fast CO<sub>2</sub>blåsing på tekstil eller andre materialer for å fjerne sotpartikler. Den mest relevante artikkelen fra søket var rensetest på sotdekte tekstiltrukne bøker med fast CO<sub>2</sub>blåsing utført av Silverman (2008). Artikkelen sammenlignet fast CO<sub>2</sub>blåsing med støvsuging og sotsvamp og konkluderte fast CO<sub>2</sub>blåsing gav det beste resultatet (Silverman 2008). Imidlertid mangler artikkelen informasjon om kriterier og analysemetoder som resultatene ble bedømt etter (Silverman 2008). Higginson og Prytulak (2012:44) har utgitt en *abstract poster* i *CAC-ACCR Conference 2012*, som kort beskriver testing av fast CO<sub>2</sub>blåsing for å rense sot fra ulike materialer, inkludert tekstil, gjort ved Canadian Conservation Institute. Imidlertid da dette er en kort abstrakt er det vanskelig å evaluerer kvalitet ved testingen, da kriterier og resultats evalueringsmetode er ikke beskrevet.

## **4.0. En teoretisk utgreiing av oppgavens tematikk: tekstil, brann, sot og fast CO<sub>2</sub>blåsing**

### *4.0.1. Målsetting for kapittelet*

Dette kapittelet gir en teoretisk redegjørelse for de ulike elementene innen oppgavens tematikk. Redegjørelsen gir en mulighet for å kunne sette opp en teori for hvorfor fast CO<sub>2</sub>blåsing fjerner sot fra tekstil. Til dette er det nødvendig å få en forståelse for de kjemiske egenskaper, strukturer og interaksjonen mellom tekstil, brannforløp, sotpartikler og fast CO<sub>2</sub>blåsing. Redegjørelsene viser de teoretiske resultatene av renseprosessen påvirkes av de ulike egenskapene, kjemiske og fysiske faktorene til alle de innvirkende og eksponerte elementene. Den teoretiske bakgrunnen kan brukes til å sette opp teorier for hvilke resultater som kan forventes i de tre eksperimentene i oppgaven, presentert i siste delkapittel.

### *4.0.2. Litteratursøk i tematikk omtalt i kapittelet*

Litteratursøk om sot og CO<sub>2</sub> er utført i grunnbøker i kjemi og fysikk, Crowe et al.(2006) og Calin et al. (2012) samt artikler gjennom vitenskaplige utgivere som eksempelvis "Annual Reviews Physical Chemistry" er gjennomgått. Dette for å få en grunnleggende forståelse for sot og fast CO<sub>2</sub> sine kjemiske, fysiske og termiske egenskaper. I hovedsak benyttes *Chemical principles for textiles* skrevet av Tímár-Balázsy & Eastop (1998) for redegjørelsen av den kjemiske og fysiske oppbygningen av tekstil. Boken er skrevet i 1998, likevel er den ansett som den nyeste oversiktsboka for kjemisk oppbygning av tekstil skrevet av tekstilkonservatorer. For forståelse av brannforløp i bygninger brukes i hovedsak Addleson (1976) *Heat and Fire and their Effects*, som gir en grunnleggende forklaring på emnet.

## **4.1. Tekstilets kjemiske og teknologiske struktur og egenskaper**

### *4.1.1. Generell kjemisk og teknologisk oppbygging av tekstil*

Kjemisk komposisjon, struktur, teknologi og morfologi i en fiber er formet ut fra de kjemiske, fysiske og mekaniske egenskapene (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:3). Den kjemiske strukturen for en fiber består av tre strukturnivåer: primær - sekvens av atomer, sekundær - intramolekylære bindinger mellom atomer og til sist tertiær - intermolekylære bindinger mellom flere polymerstrukturer (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:3,5og10). Polymerstrukturen er oppbygget av både tette krystallinske områder (*fringed*) og uordnede amorfe områder (*micelle*) (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:10). Det proporsjonale forholdstallet mellom de amorfe og krystallinske områdene varierer mellom de ulike fibertypene og påvirker flere

egenskaper til tekstilmaterialer eksempelvis fleksibilitet (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:11). Teknologisk blir en mengde fibre samlet, og ofte spunnet til en tråd. Antall fibre i en tråd kan variere fra flere hundre til noen få. Tråder settes sammen ved en tilvinningsmetode til et tekstil.

#### *4.1.2. Beskrivelse av kjemisk oppbygning for: bomull, ull, akryl og polyester*

Et tekstil er tilvirket med ulike teknologiske fremstillingsmetoder av enten naturbaserte eller syntetiske fibre. Denne masteroppgaven har valgt å fokusere på bomull og ull som tekstil da de anses som de tekstilfibrene som er vanskeligst å rense for sot, (se kapittel 4.1). I tillegg blir akryl og polyester kort presentert, da kåpen benyttet i eksperiment tre innehar disse tekstilfibrene (se kapittel 2.2.4).

Bomull er et tekstilfiber som tilvirktes fra det ytterste laget på frø fra ulike arter av *Gossypium* familien (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:33). Kjemisk består bomull i hovedsak av cellulose ( $C_6H_{12}O_6$ ) lenket sammen med 1-4- $\beta$ -glycosidbindinger og danner en kompakt og lineær polymerstruktur med få sidekjeder (McMurry 2007:876, Tínár-Balázsy & Eastop 1998:190g33).

Ull tilvirktes fra hårlaget til bestemte dyrearter som sau, alpakka og lama (Cook 1993:132-143). Kjemisk er ull bygget opp av  $\alpha$ -keratinkjeder som består av proteinkjeder med 16-17 typer  $\alpha$ -aminosyrer (Tínár-Balázsy & Eastop 1998:48). Store sidekjeder på aminosyrene får proteinstrukturen til å folde og tvinne seg til en heliksstruktur og sekundærstrukturen stabiliserer med hydrogenbindinger og saltbruer (Tínár-Balázsy & Eastop 1998:48). Overflaten på ullfibre danner en skjellstruktur som gir en ujevn overflate der sotpartikler kan binde seg tett mot (Tínár-Balázsy & Eastop 1998:49).

Polyester, som er et syntetisk fiber, er fremstilt gjennom en polykondenseringsreaksjon som former esterbindinger (Tínár-Balázsy & Eastop 1998:60). Akrylfibre er også syntetisk, fremstilt av copolymer med akrylonitrill med ulike komponenter som vinylpridin, vinylklorid, metakrylamid med vinylidklorid og metakrylat (Cook 1993:398-399 og Tínár-Balázsy & Eastop 1998:62).

Det kan oppsummeres fra disse redegjørelsene både naturbasert og syntetisk tekstilfibre har ulike kjemiske og morfologiske strukturer som gjør utgangspunktene forskjellig. I tillegg

varierer fremstillingsteknikk og tilstand. Alle disse elementene vil innvirke for hvordan tekstil responderer på en brann og etterfølgende behandling.

## **4.2. Ulmebrann, branntilløp og brann, sett i sammenheng med skadeomfang på tekstilmateriale**

### *4.2.1. Generell utvikling av et brannforløp*

Brann er en kjemisk prosess, som krever oksygen, varme og brennbart materiale for å antenne og utvikle seg (Addleson 1976:152 og Kidd 1995:14). Et brannforløp kan generaliseres til å bestå av tre ulike faser. Utviklingsfasen kan defineres som forstadiet i en brann, der temperaturen er under 250°C (Addleson 1976:155 og Glasø 2012:3). Dannelsen av sot starter i utviklingsfasen. Hvor lenge brannen er i denne fasen avgjøres av hvordan flammer sprer seg, hvilke materialer som er tilstede og hvilket miljø brannen oppstår i (Addleson 1976:155). I fase to stiger temperaturen raskt fra 250°C, og ved 600°C defineres brannen å være fullt utviklet (Addleson 1976:156 Glasø 2012:3). En balanse mellom forbrenning, varmeutvikling og tap av varme i omgivelsene oppstår. I denne fasen kan temperaturen komme opp mot 1000°C, avhengig av tilgang på brennstoff, oksygentilførsel og miljø (Addleson 1976:156). Siste fase i en brann er en avkjølingsfase der temperatur og intensitet i brannen gradvis reduseres (Addleson 1976:156 og Glasø 2012:3).

### *4.2.2. Faktorer som påvirker brannutvikling samt beskrivelse av brann i rom*

Det presiseres ulmebrann, branntilløp og fullt utviklet brann kan oppstå og forløpe på mange ulike måter. Ved å fjerne en av parameterne er det være mulig å slukke brannforløpet. Røykutvikling, ulmebrann, og branntilløp kan defineres til en situasjon der det er for lite tilgang på oksygen for å oppnå en fullt utviklet brann (Addleson 1976:152). En brann kan utvikle seg i mange ulike retninger: varm eller kald, en lang eller kort utviklingsfase eller danne stor røykutvikling. Brannens faseutvikling er påvirket av den kjemiske komposisjonen av materialet som brenner, som igjen påvirker hvor raskt oksygen, sammen med kjemiske avgasser fra materialet, påvirker brannforløpet (Addleson 1976:152). I tillegg påvirker materialet brannforløpet ved hvor raskt og hvor mye temperaturen stiger i materialet (Addleson 1976:153).

Brann sprer seg på ulike måter ved varmeoverføring, varmestrømming eller varmestråling (Kidd 1995:14). Gjennom varme forbrenningsprodukter eller uforbrente gasser i røyken kan brann spre seg raskt (Kidd 1995:15). I et rom vil røyk, varme gasser og flammer trekkes opp



til de treffer horisontale flater som taknivå. Deretter sprer røyk og flammer seg ut horisontalt etter takhøyden før det treffer vegger og en fortetning av røyken oppstår. Tykk røyk og varme bygger seg opp og trekkes gradvis ned mot gulvnivå om det ikke finnes åpninger i rommet (Addleson 1976:154 og Kidd 1995:14). Dette røyk- og varmelaget bidrar til å skape forskjellige varmesoner i rommet.

Det kan konkluderes ut fra denne redegjørelsen skadeomfanget fra brann på et tekstil er avhengig av flere faktorer. Faseforløpet i brannen har stor betydning. Utviklingsfasen er sannsynligvis den eneste fasen der tekstil bevares, da temperaturen er fortsatt under 250°C. Plassering i rommet, over eller under røyk og varmelaget, har stor betydning for skadeomfanget på tekstiler i rommet. Plassering i forhold til materialer som brenner vil også påvirke skadeomfanget.

#### *4.2.3. Påvirkning av brann på tekstilmaterialet*

En ulmebrann, branntilløp og brann kan alle potensielt føre til graderte skader på tekstilsamlinger som er eksponert. Tilsmussing, sotavsetning, røyklukt i materialet og termisk oksidering er noen av skadefaktorene som påvirker tekstil og kan fører til: uttørking, strukturelle skader som revner, splittedannelser, røyklukt, svekkelse av styrke i tekstilet, fargetap eller fargeblødning i tekstilet, tap av deler av tekstilmaterialet eller total destruksjon (Francis 1998:39). En brann eller ulmebrann medfører ofte vannskader i tillegg fra slukkeprosessen. Vannskader på tekstiler kan føre til kjemiske, fysiske og biologiske nedbrytningsprosesser som starter i etterkant. Derfor en det nødvendig å utføre en rekke strakstiltak for å forhindre skader i etterkant. Eksempelvis ved å starte raskt tørking av fuktig tekstil for å forhindre muggangrep (Francis 1998:39-44 og Kidd 1995:54).

Håndteringsmetoder og de strakstiltakene som benyttes har stor betydning for videre konserveringstiltak (Dorge & Jones 1999 og Francis 1998:39, Hackett 1998:66og68 og Stovel 1998:43-55). Det vil ikke kommenteres noe videre på dette emnet. For mer informasjon om forebyggende tiltak og krisehåndtering, se Baril (1998), Dorge & Jones (1999), Levitt (1997) og Stovel (1998:43-55).

#### *4.2.4. Varmeskade på tekstil fra brann*

Det vil imidlertid redegjøres i mer detalj hvordan varme i brannforløpet kan skade tekstilmaterialer. Varmeskade kan defineres som en av de faktorene som påvirker i størst grad tilstanden til gjenstanden ved en brann. En tilføring av varmeenergi kan påvirke tekstilfiber på

ulike måter. I første rekke fører varmeenergi til en dehydrering av tekstilfiber, som er en irreversibel prosess (Tímár-Balázs & Eastop 1998:25). Varmeenergi danner også en kjemisk prosess kalt termisk oksidering. På bomull medfører dette til oksideringen av hydroksylsidekjedegruppene som fører til kryssbindinger og oppklipping av polymerkjeden (Tímár-Balázs & Eastop 1998:27 og 35-36). Dette medfører en svekkelse i tekstilet. Ull starter en termisk oksiderings dekomponering på en lavere temperatur enn bomull. Like over 100°C tørker ullfibre ut og over 180 °C stater en kjemisk nedbrytning som gir en gulbrun farge (Tímár-Balázs & Eastop 1998:53). Akrylmateriale blir klissete på 215 -255°C, men vil starte å brenne istedenfor å smelte på høyere temperaturer (Cook 1993:407-408). Polyester svekkes i styrken på 220°C, men smelter først på 260 °C (Cook 1993:356 og Tímár-Balázs & Eastop 1998:61).

### **4.3. Sotpartikler: kjemisk oppbygging, opprinnelse, egenskaper samt klebeevnen mellom sot og tekstilfiber**

#### *4.3.1. Generell kjemisk og fysisk oppbygning samt dannelse av sotpartikler*

Kjemisk består sotpartikler i hovedsak av karbonpartikler, hydrokarboner og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) tjæreholdige komponenter, men også flere hundre andre kjemiske elementer som varierer avhengig av hvilke materialer som forbrennes (Appel et al 2000:122-136, Blanquart & Pitsch 2009:1614 og Frenklach 2002:2028-2032). Sot dannes i en reaksjon som består både av en kjemisk og fysisk handling når molekyler kolliderer med hverandre (Frenklach 2002:2032 og Homann og Wagner 1996:151 og 156). Forenklet oppstår sot i en forbrenningsprosess, der oksygen og brensel oksiderer i toppen av flammen. Når innholdet i toppen av flammen er mettet av oksygen eller brensel, vil noen fragmenter av brenselmolekylene unnsnippe oksidasjonsprosessen som pågår (Harris & Weiner 1985:33). Disse fragmentene er sotpartikler, som gradvis bygger seg opp i størrelse (Blanquart & Pitsch 2009:1617 og Harris & Weiner 1985:33-34).

Sotpartikler varierer i størrelse fra rundt 0,5µm til de minste på 0,01µm. Dermed faller sot under kategorien svevestøv som defineres til å omfatte partiklene på under 2,5µm (Tétreault 2003:14). Partikler i denne kategorien defineres som helseskadelig å inhalere siden de kan trenge dypt ned i lungevevet (Hånes og Låg 2013). I tilfelle av brann avsettes de største sotpartiklene nærmest brannkilden, mens mindre partikler svever i en lengre omkrets fra brannkilden og avsettes når de kolliderer med en flate (Spafford-Ricci & Graham 2000a:1).

En fysisk prosess kalt thermophoresis påvirker avsetningsmønster, der sotpartiklene tiltrekkes mot kalde flater (Akbar & Ghiaasiaan 2006:655 og Suzuki et al. 2009:4695).

#### *4.3.2. Faktorer som påvirker sotavsetning fra brann*

Som tidligere nevnt avgjør typen brann og temperatur hvor stor mengde sot som dannes. Ved røykutvikling og dårlige forbrenninger kan mye sot oppstå (Addleson 1976:152 og Blanquart & Pitsch 2009:1614). Temperaturen til sotpartiklene varierer. Kald sotavsetning oppstår ved røykutvikling på lav temperatur og/eller har svevet vekk fra brannkilden. Sot avsettes varmt når det stammer fra røyk og varmelaget som dannes i en brann fra utviklings- og fullt utviklet brannfase. Sot kan selvsant ved høy temperatur. Når varm sot avsettes kan dette gi varmeskade direkte på tekstilflaten og ved svært høy temperatur føre til fare for antenning av tekstilet. Sotpartikler i alle størrelser misfarger og tilsmusser en overflate og kan trenge dypt inn i en tekstilstruktur. For eksempel har polyester og akryl en hydrofobisk karakter, der sotpartiklenes hydrokarboner absorberes inn i overflaten (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:61-62). I tillegg innehar akrylmaterialet en elektrostatisk adferd på grunn av den høye andelen med krystallinsk struktur (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:62). Selv om sot binder seg tett til overflater, smitter sot lett av til andre flater ved kontaktberøring, og kan slik skape flere forurensede gjenstander. Dette er nok et argument for å rense vekk sot fra gjenstander. Et annet argument for å fjerne sot, er usikkerheten i hvilken grad tørr sot svever av gjenstanden ved seinere håndtering. Dette gir risiko for forurensing av miljøet, andre gjenstander og ikke minst skaper en helserisiko for personer som håndterer den sotdekte gjenstanden.

#### *4.3.3. Sot, en risiko for forsurening av tekstil?*

Sot har blitt målt til en pH på 4, og avsetning av sot sies i litteraturen å gi en svak forsurende effekt som kan medføre en akselerert nedbrytning på tekstil (Ginell 1988:7, McManus 2007:7, Spafford-Ricci & Graham 1993:420 og Tétreault 2003:15). Ull er stabilt på rundt 5-6 pH, mens bomull er stabilt på 7-8pH (Cook 1993:70, McMurphy 2007:783 og Tímár-Balázsy & Eastop 1998:28-29 og 42-43). The Getty Conservation Institute utførte en undersøkelse hvorvidt det er nødvendig å rense tekstil raskt for sot på grunn av forsureningseffekten (Ginell 1988:7). Det ble konkludert med, selv om mengden av organiske syrer eller forløpere til organiske syrer fra sot i romtemperatur er lav i det forurensede tekstilmaterialet, bør en rens utføres så raskt som mulig (Ginell 1988:7). En syrehydrolyse vil føre til en oppklipping av polymerstrukturen i cellulosebaserte materialer som bomull, som fører til et mer sprøtt, stivt og mekanisk svakt tekstilfiber (Tímár-Balázsy & Eastop 1998:28-29). Også polyester er

sensitivt for syrehydrolyse (Tímár-Balázs & Eastop 1998:62). Selv om ull ikke er like sensitivt for syre, vil et for surt miljø føre til et mer kjemisk reaktivt materiale (Tímár-Balázs & Eastop 1998:42). Kjemiske komponenter som flyktige organiske syrer i sotpartiklene er årsak til brannlukten som dannes i alle eksponerte gjenstander, og viser seg i flere tilfeller å være vanskelig å fjerne (Hackett 1998:66 og McManus 2007:6). Teoretisk fjernes lukten når sotpartikler med de organiske syrene renses fra tekstiloverflaten.

#### *4.3.4. Andre kjemiske komponenter som dannes i brann og blandes med sotavsetning*

I brannforløp kan saltsyre dannes, for eksempel ved forbrenning av PVC holdige materialer frigjøres klorider som bindes med slukkevannet (Jespersen & Billeschou Juhl 2013:3-4). Sot som inneholder hydrokarboner, kan innkapsle mange andre typer av smuss med ulike kjemiske elementer. Disse kjemiske komponentene kan gi fra seg syre- eller baseprodukter og/eller opptre som en reduserende eller oksiderende reagent og slik negativt kjemisk påvirke tekstilet uansett om det er bomull, ull eller syntetisk (Tímár-Balázs & Mátéfy 1993:330). Kjemikalier som er innkapslet i soten kan igjen reagere med andre kjemikalier i miljøet rundt tekstilet (Tímár-Balázs & Eastop 1998:158). I tillegg til en kjemisk reaksjon kan harde partikler som sot og støv forårsake mekanisk skade av friksjon i fibre samt partiklene trekker til seg kjemiske reagenter fra miljøet som fører til en videre kjemisk nedbrytning (Tímár-Balázs & Mátéfy 1993:330). Det kan oppsummeres disse redegjørelsene forsterker argumentasjonen for at rensing av sotpartikler fra tekstiler er en nødvendig prosess.

### **4.4. Klebeevnen mellom sotpartikler og tekstilfibre**

#### *4.4.1. Sotens egenskaper som påvirker klebeevnen*

For å kunne vurdere og sette opp en teori for fast CO<sub>2</sub>blåsing som rensemethode for å fjerne sot fra tekstil, er det nødvendig å få en forståelse for hvilke faktorer som innvirker i klebeegenskapen mellom sot og tekstilfibre. Dette for å forstå hvordan opphøre bindekraften. Styrken i klebeevnen mellom sot og tekstil påvirkes av en rekke faktorer. Smussets morfologi og kjemiske sammensetning har betydning for klebeevnen til en tekstiloverflate (Tímár-Balázs & Eastop 1998:160). For sot som består av både en polar (hydrofil) og ikke-polar (hydrofob) del, oppstår både van der Waals bindinger samt dipol med hydrogenbindinger til tekstilfiberen. I tillegg skaper de hydrofobe forbindelsene i soten et fysisk kontaktnettverk med tekstilet, da de lange hydrokarbonkjedene går inn i overflatestrukturen (Tímár-Balázs & Eastop 1998:161-162). Over tid dannes krysslenker mellom tekstilstrukturen og

hydrokarbonene i soten, som gjør renseprosessen mer komplisert (Jespersen & Billeschou Juhl 2013:6, Spafford-Ricci & Graham 2000b:38 og Tímár-Balázs & Eastop 1998:160). I tillegg påvirker organiske syrer i sotpartiklene på den sekundære bindingsegenskapen mellom sot og tekstil (Tímár-Balázs & Eastop 1998:160).

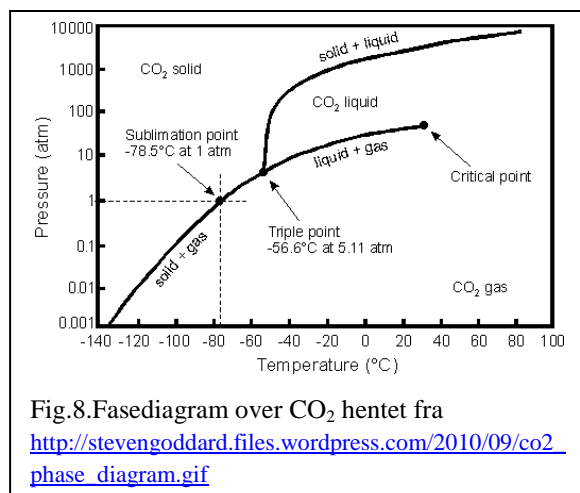
#### 4.4.2. Tekstilets egenskaper som påvirker klebeevnen samt hvordan opphøre bindingen mellom sot og tekstil

Tekstilmaterialiet i seg selv påvirker også klebeevnen. Sot kan gå dypere inn i løst spunne tråder med åpen sammenføyningsteknikk i tekstilstrukturen (Tímár-Balázs & Eastop 1998:160). Som tidligere nevnt påvirker morfologien til tekstilet i hvilken grad sot sitter tett fast mot en tekstilfiber (Tímár-Balázs & Eastop 1998:160). Polariteten i de funksjonelle gruppene på overflaten av tekstilet påvirker bindingsenergien. Eksempelvis inneholder cellulosefibre hydroksylgrupper med sterke bindinger (Tímár-Balázs & Eastop 1998:160). For å kunne fjerne sot og smuss må enten den sekundære bindingen mellom smuss og fiber opphøre, eller den sekundære eller primære bindingen i smuset selv fjernes (Tímár-Balázs & Eastop 1998:159). Det poengteres i tilfeller som sot, som inneholder både polar (hydrofil) og ikke-polar (hydrofob) molekyler, er det en forutsetning å løse opp den ikke-polare (hydrofobe) fysiske bindingen mellom tekstil og sot for å kunne rense vekk sotpartiklene på en vellykket måte (Tímár-Balázs & Eastop 1998:162). Det kan konkluderes, klebeevnen mellom sotpartikkel og tekstiloverflate påvirkes av en rekke faktorer. Overordnet må rensemetoden medføre en prosess som har høyere energitilførsel enn bindekraften mellom sot og tekstilfiberoverflaten.

### 4.5. Fast CO<sub>2</sub>blåsing, de kjemiske og fysiske egenskaper, samt teori for fast CO<sub>2</sub>blåsing av sot fra tekstil

#### 4.5.1. Kjemisk og fysisk oppbygging av CO<sub>2</sub>

Karbondioksid (CO<sub>2</sub>) består kjemisk av to oksygen og ett karbonatom som holdes sammen med ikke-polare kovalente bindinger og har en hydrofobisk karakter (Crowe et al. 2006:81 og 87). CO<sub>2</sub> varierer mellom gass, flytende eller fast fase avhengig av trykk og temperatur (Tello & Unger 2010:37-38). CO<sub>2</sub>



defineres som flyktig og har et lavt kokepunkt som andre ikke-polare molekyler (Crowe et al. 2006:86). På ett atmosfærisk trykk vil fast CO<sub>2</sub> starte en sublimering på minus 78,5 °C (fig.8 og Tello & Unger 2010:37). Sublimering medfører en faseovergang direkte fra fast fase (som er lav energi) til gass fase (som er høy energi) (Calin et al. 2012:134).

#### *4.5.2. Oppbygning av fast CO<sub>2</sub>blåseapparatet*

For å utføre fast CO<sub>2</sub>blåsing behøves et apparat designet til dette spesifikke formålet. Det finnes ulike typer blåseapparater til fast CO<sub>2</sub>, tilpasset ulike funksjoner (Cold Jet 2013a og Cryo Technics 2013). Til denne oppgavens eksperimenter ble det benyttet en Cryomidi plus® pneumatic dry blasting machine fra CryoTechnics. Forenklet kan apparatet beskrives til å bestå av et kammer der CO<sub>2</sub>pellets helles ned i. Fra kammeret vil CO<sub>2</sub>pellets gå gjennom en del som knuser pelletsen opp i mindre partikler. Deretter, med trykkluft blåses disse partiklene gjennom en slange og ut gjennom et munnstykket (Cryo Technics 2010). Det er mulig å regulere trykk og mengde partikler som blåses ut. Munnstykket kan også byttes ut etter ønsket blåsestråle. En kompressor må kobles til apparatet for å tilføre trykkluft. En kjøletørker, Donaldson UI rafilter, ble i eksperimentene i denne oppgaven koblet på mellom kompressor og fast CO<sub>2</sub>blåseapparat, som fjernet kondenseringsproblemer i fast CO<sub>2</sub>blåseapparatet (Edwardsen 2013 muntlig kommunikasjon). I tillegg ble det koblet på en snøslage som knuste den faste CO<sub>2</sub>pelletsen ytterligere til mindre partikler.

#### *4.5.3. Risikomomenter: termisk sjokk og mekanisk bearbeidelse av fast CO<sub>2</sub> blåsing på tekstilet*

Fast CO<sub>2</sub> innehar en temperatur på minus 78,5°C. En lav temperatur gir et system med lav termisk energi (Crowe et al. 2006:428). Calin et al. (2012:127) gir utsagnet: "Varme er en energi som blir overført fra et system med høy temperatur til et system med lavere temperatur på grunn av temperaturforskjellen". Dermed trekkes varmeenergi fra omgivelsene til den kaldere CO<sub>2</sub>pelletsen som treffer overflaten på tekstilet. Teoretisk medfører fast CO<sub>2</sub>blåsing dermed en raskt temperaturreduksjon i tekstilet. Termisk sjokk kan oppstå i et materiale når hele eller deler av overflaten blir eksponert for raskt temperaturendring og føre til stress i materialet (Han & Wang 2006:963). Imidlertid er termisk sjokk mest risikofylt for materialer uten fleksibilitet (Han & Wang 2006:963). Tekstil som er et fleksibelt materiale antas å kunne trekke seg sammen og utvide seg etter temperaturforskjellen. Størst risiko antas å være med ujevnt termisk sjokk på en overflate som kan skape ujevnt stress i tekstilet.

Eksponeringsperiode kan også påvirke i hvilken grad termisk sjokk medfører en risiko for

stress i materialet, da det er usikkert hvor lang eksponering med fast CO<sub>2</sub>blåsing som må til før tekstilet fryser og de elastiske egenskapene opphører under behandlingen. Det utføres derfor eksperiment i denne oppgaven for å kunne vurdere effekt av eksponering av CO<sub>2</sub> pellet direkte på tekstil i ulike tidsintervaller, se delkapittel 5.2.3 for nærmere beskrivelse.

Størst risiko for skader med fast CO<sub>2</sub>blåsing er CO<sub>2</sub> partiklene kan gi en mekanisk bearbeidelse av overflaten på tekstilet og slik skape enn mer nuppete overflate. Dette da metoden i stor grad likner partikkelblåsing som kan medføre en pusseeffekt på overflater. Evalueringen av de praktiske eksperimentene i oppgaven av fast CO<sub>2</sub>blåsing må derfor foreta en nøye visuell vurdering av overflaten på tekstilene.

#### *4.5.4. Teorier for hvordan fast CO<sub>2</sub> blåsing fjerner sot fra tekstil*

Som tidligere beskrevet i delkapittel 3.2. har sot sterk bindekraft til tekstil. For å bryte bindingen mellom sot og tekstilflate, må en rensemetode tilføre en energikilde som er sterkere enn denne bindekraften. Fast CO<sub>2</sub>blåsing renser overflater gjennom en kombinasjon av termisk og mekanisk effekt (Higginson & Prytulak 2012:44 og Snethlage & Sterflinger 2011:454). I litteraturen teoretiseres og beskrives effekten som oppstår når en CO<sub>2</sub> partikkel treffer en overflate (Higginson & Prytulak 2012:44 og Silverman 2008:4). Teoretisk er det tenkt når CO<sub>2</sub>partikkelen får kontakt med en overflate med smuss, fryser partikkelen fast til smusset. Når neste CO<sub>2</sub> partikkel treffer den første partikkelen slynges denne av overflaten sammen med smusset i en mekanisk prosess. I tillegg oppstår en termisk reaksjon der CO<sub>2</sub> partiklene får underlaget til å trekke seg sammen i kuldesjokket, og smuss sprenges av overflaten (Higginson & Prytulak 2012:44).

En medvirkende årsak til at fast CO<sub>2</sub>blåsing fjerner sotpartikler antas å være den hydrofobe karakteren til CO<sub>2</sub>, dette ut fra prinsippet lik løser lik innen polaritet (Moncrieff & Weaver 1987:61-71). En annen årsak, når bindingen mellom sotpartikkelen og tekstiloverflaten brytes, gir dette en prosess der energi konsumeres (Crowe et al. 2006:431). Dermed medfører både sublimeringsprosessen og bruddet av bindingene mellom sot og tekstil til bruk av energi fra sine omgivelser, en endotermisk prosess. Det kan settes opp en tese der denne endotermiske prosessen tar til seg noe av bindingsenergien mellom sot og overflate, og slik blir det enklere å fjerne sotpartiklene mekanisk fra overflaten sammen med en termisk og mekanisk handling. Imidlertid er dette en påstand som er vanskelig å bekrefte eller avkrefte. I denne oppgaven er denne påstanden kun ment som et filosofisk innspill.

## **4.6. Oppsummering og fremstilling av teorier til eksperimentene i oppgaven**

### *4.6.1. Fremstilling av teori for de praktiske eksperimentene i oppgaven*

Ut fra redegjørelsen som er utført i dette teorikapittelet kan det settes opp en overordnet teori for de tre eksperimentene, som hevder fast CO<sub>2</sub>blåsing med sine egenskaper vil kunne fjerne sot fra tekstiloverflater. Imidlertid medfører metoden en risiko for mekanisk bearbeidelse når CO<sub>2</sub> partikler treffer tekstiloverflaten med trykkluft. Både tekstilets og sotpartiklenes morfologi og bindekraft gir utfordringer for å kunne separere disse to elementene. Et brannforløp kompliserer situasjonen ytterligere og de ulike faktorene som type brann, plassering i rommet og kontekst påvirker tilstanden tekstilene har etter brannforløp. Dermed er det svært vanskelig å sette opp en standardmetode som kan gi et godt resultat på å rense alle typer tekstiler med ulike sotskader. Det kan således antas at fast CO<sub>2</sub>blåsing som andre rensemetoder får varierende resultater, avhengig av tekstilmateriale og skader fra brannen. Eksperimentene i denne oppgaven omfatter derfor ulike typer tekstiler og ulike grader av varmeskade fra brann på tekstilene i soteprosessen (se delkapittel 2.2 og 6.2). Teoretisk er CO<sub>2</sub> blåsing trolig mest effektiv på å fjerne visuelt sot uten å skade overflaten på de tekstilprøvene som er lite eller ikke varmeskadet. Dette da metoden kan medføre for kraftig mekanisk effekt på varmeskadet tekstil. Ull kan antas å være et mer fleksibelt materiale som har større mulighet til å bevege seg under blåsing, men på den andre siden er bomull et sterkere materiale (Cook 1993:65og104). Dermed er det usikkert om resultatene av fast CO<sub>2</sub>blåsing på ull og bomull blir vesentlig forskjellige.

### *4.6.2. Teorier for hvert enkelt eksperiment i oppgaven*

Ut fra den teoretiske gjennomgangen i dette kapittelet, kan det settes opp egne teorier for hvert enkelt av de tre eksperimentene. For første eksperiment, test av de ulike parametrene innen fast CO<sub>2</sub> blåsing, antas kun trykkluft fjerner mindre sot enn kombinasjonen av CO<sub>2</sub> pellets og trykkluft. Dette da fast CO<sub>2</sub>blåsing gir både en termisk og mekanisk effekt i forhold til kun blåsing som er mekanisk.. Det kan teoretiseres at fast CO<sub>2</sub>blåsing vil få samme skadeomfang som støvsuger og sotsvamp, da alle rensemetodene er basert på en mekanisk bearbeidelse av overflaten. Det tredje eksperimentet sammenligner rens av tredimensjonal gjenstand med todimensjonale tekstilprøver. Til dette settes det opp en teori der fast CO<sub>2</sub>blåsing vil gi like gode visuelle resultater på rens av begge overflatene uansett form. Det vil også settes opp en teori der det tyngre og tykkere ytterstoffet på kåpen tåler visuelt bedre rensemetoden enn de tynnere todimensjonale tekstilprøvene.



## 5.0. Eksperimentmetode

Kapittelet eksperimentmetode har som målsetting å gi en detaljert beskrivelse av fremgangen i metoden til: den forberedende soteprosessen samt de tre praktiske eksperimentene i oppgaven.

### 5.1. Soteprosessen: en kontrollert nedsoting av tekstilmateriale til eksperimentene

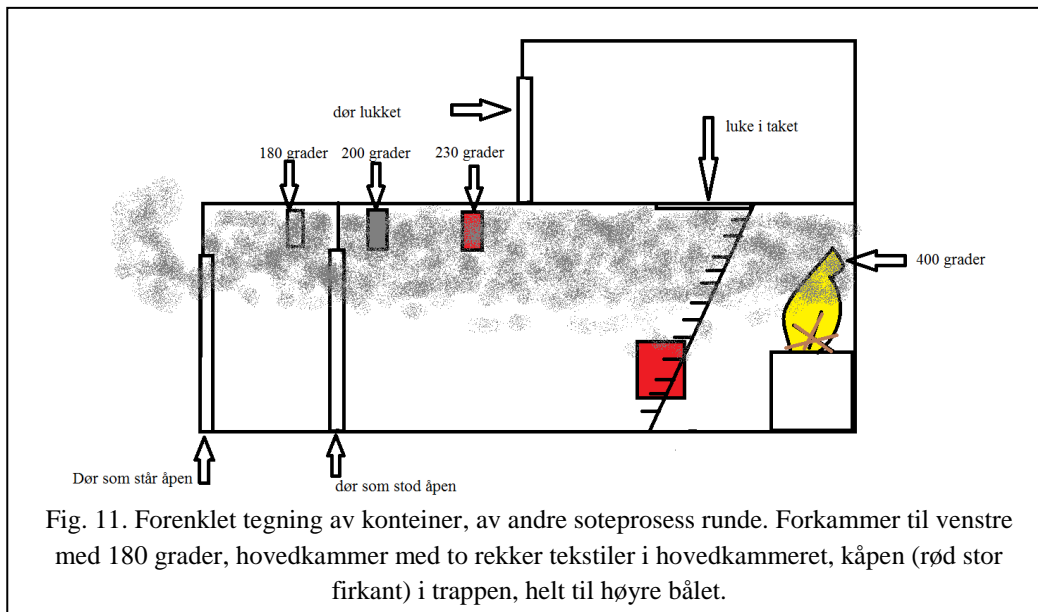
Kåpen og tekstilprøvene til eksperimentene ble sotet i en kontrollert brann utført i samarbeid med Kongsberg brannvesen. Ved lån av røykdykkerutstyr kunne hele soteprosessen overvåkes fra start til slutt (Fig.9). Et varmesøkende Dreger 7000 kamera ble benyttet for å måle temperaturendringer ved tekstilprøvene kontinuerlig under brannforløpet. Soteprosessen ble utført i en konteiner, der tekstilprøvene var hengt opp ca to meter over bakkenivå (røyksjiktlaget), spredd over et forrom og et hovedkammer (fig.10-fig.11). Ved å spre tekstilene over begge rommene, resulterte soteprosessen til ulik sotavsetning og varmeskade på tekstilene. Dette gav et realistisk bilde fra en brannsituasjon, der det som oftest er tekstilmaterialer i alle typer skadeomfang. Prøvene var fordelt og sotet i to ulike runder. Dette for å sikre ett sett tekstilprøver, om én av soteprosessene kom ut av kontroll. I første soteprosess hadde forrommet lavest maksimumstemperatur på 130°C, målt mot prøvene. Hovedkammeret ved tekstilene hadde 180°C på det høyeste. I bålet ble det målt over 400°C. Totalt fra opptenning til bålet var delvis utslukket tok dette 30 minutter. Den andre soteprosessen medførte noe høyere temperatur og tok totalt 40 minutter. Den maksimale temperaturen i hovedkammeret ble målt til 230°C mot tekstilprøvene. I forrommet var temperaturen på maksimum 180°C målt mot prøvene. Kåpen ble sotet i denne andre soteprosessen, plassert en halv meter over bakkenivå i hovedkammeret.



Fig.9, røykdykking i soteprosessen



Fig.10, under soteprosessen, tekstilprøvene øverst i forkammeret



## 5.2 Laboratorieeksperiment 1. En vurdering av de ulike elementene i fast CO<sub>2</sub>blåsing

### 5.2.1. Generelle metodevalg

Det første forsøket omfattet å dele fast CO<sub>2</sub>blåsing inn i to separate elementer og analysere hvorvidt det var trykkluft eller både trykkluft og CO<sub>2</sub>pellets i CO<sub>2</sub>blåsing som fjernet sot. Til første del av dette eksperimentet ble det benyttet tre ullprøver, tre blå bomullsprøver og tre røde bomullsprøver for hver av de to rensemetodene. Dette gav totalt 18 tekstilprøver (se fig.52, s.52). Ved å teste en fremgangsmåte på hvert materiale tre ganger, gav dette en mulighet for å danne en gjennomsnittsvurdering av de to rensemetodene. Eksperimentene er designet for å oppfylle HMS krav for håndtering av sotet materiale samt håndtering av fast CO<sub>2</sub>blåsing, for detaljert oversikt se vedlegg 1, s.84. Til fast CO<sub>2</sub>blåsing av de todimensjonale tekstilprøvene, er det benyttet både i eksperiment 1 og 2 et egendesignet rensbord (Fig12).

Under pretesten ble det observert sotavsetning bak på støtteplaten til tekstilprøvene.

Rensemetsoden blåste sot både av og igjennom tekstilet. Rensbordet er utstyrt med en nettingtopp som gir rom for gjennomblåsing (Fig.12). Noen prøver var festet til en skumplate som igjen var festet til nettingen, dette for å vurdere hvilket underlag som gav best støtte til tekstilene under rensingen.



Fig.12, egendesignet rensbord til fast CO<sub>2</sub> blåsing, fire uskiftbare nettingammer.

### *5.2.2. Fremgangsmetode, første del av eksperimentet*

Et sett av tekstilprøvene ble blåst kun med trykkluft. Det andre settet blåst med fast CO<sub>2</sub>. Som CO<sub>2</sub> blåseapparat ble en Cryomidi plus® pneumatic dry blasting machine fra CryoTechnics lånt av Norsk Teknisk Museum i Oslo. Det var ønskelig i denne oppgaven å teste hvorvidt Cryomidi plus® apparatet kan benyttes på tekstil. Apparatet er allsidig og kan være alternativet som er tilgjengelig i en krisesituasjon. Apparatet ble brukt i oppgaven til både trykkluftblåsing og fast CO<sub>2</sub>blåsing. Da ingen anbefalt metodeteknikk for fast CO<sub>2</sub> blåsing på tekstil finnes, medførte dette testing av teknikken på prøvetekstiler. Deretter ble følgende oppsett valgt: blåsing ble utført på 2 Bars trykk, med middels mengde CO<sub>2</sub> pellets og et rundt munnstykke. 1 1/2 meters avstand ble holdt fra munnstykket til tekstiloverflaten. Dette reduserte trykket på tekstilflaten når avstanden fra blåsekilde til tekstiloverflaten økes (Snethlage & Sterflinger 2011:452 henviser til Prickarts & Heuser 1991). Munnstykket er holdt i en 45 graders vinkel mot tekstiloverflaten. Tekstilene ble rensert i totalt 30 sekunder. De samme parametrene ble fulgt både i trykkluft og CO<sub>2</sub> blåsing, dette for å gjøre det mulig å sammenligne resultatene. For prøvene som var sterkt sotet, ble det imidlertid valgt å stoppe fast CO<sub>2</sub>blåsing etter 5–20 sekunder, ettersom hvor raskt fatale skader og tap av tekstilmateriale oppstod. Dette gav mulighet for å sikre noe materiale til en vurdering av rensemetoden.

### *5.2.3. Fremgangsmetode, andre del av eksperimentet*

Den andre delen av eksperimentet er i mindre omfang enn del 1, og hadde som hensikt å vurdere i hvilken grad direkte kontakt med CO<sub>2</sub> pellets på tekstiloverflaten kan gi visuelle skader på tekstilet. Resultatene vurderes med visuell observasjon, foto, mikrofotografi og mikroskopi. Én ullprøve, én blå og én rød bomullsprøve, alle uten sot, er benyttet i denne andre delen av eksperimentet (se fig.52,s.85). Tekstilprøven ble delt imaginært i 4 områder rundt hvert hjørne. Fast CO<sub>2</sub>pellets ble lagt direkte på overflaten til tekstilet og har kontakt i ulike tidsperioder: 5 sekunders eksponering er nedre høyre hjørne, 10 sekunder er nedre venstre hjørne, 30 sekunder er øvre venstre hjørne og 1 minutt er øvre høyre hjørne på tekstilprøvene. Samme CO<sub>2</sub> pellets ble forflyttet fra det ene området til neste ettersom tidsperiodene gikk ut i den gitte tidsrekkefølgen.

### 5.3. Laboratorieeksperiment 2. En sammenligning av tre utvalgte tørre mekaniske rensemetoder

#### 5.3.1. Generelle metodevalg

Eksperiment 2 bestod i å sammenligne fast CO<sub>2</sub>blåsing med to andre tradisjonelle tørre mekaniske rensemetoder, støvsuger og sotsvamp, for fjerning av sot fra tekstil. Til eksperimentet ble det benyttet tre prøver av ull, tre prøver av blå bomull og tre prøver av rød bomull, totalt ni prøver for å teste en rensemetode. Dette gav ni prøver til fast CO<sub>2</sub>blåsing og ni prøver til rens med støvsuger og sotsvamp, tilsammen 18 prøver (se fig.52, s.85). Støvsuger og sotsvamp prøvene ble klippet i to, hvorav den ene delen kun ble støvsuget og den andre delen ble støvsuget og sotsvampet. Eksperimentene er designet for å oppfylle HMS krav for håndtering av sotet materiale samt håndtering av fast CO<sub>2</sub>blåsing, se vedlegg1, s.82.

#### 5.3.2. Fremgangsmetode, fast CO<sub>2</sub>blåsing, støvsuging og sotsvamping

For fast CO<sub>2</sub> blåsing ble resultatene til de fast CO<sub>2</sub>blåste tekstilprøvene i eksperiment 1 benyttet (se kapittel 5.2). Det er anbefalt å starte en sotrens med støvsuging (Spafford-Ricci & Graham 2000a:2-3). En museumstøvsuger med HEPA filter, 555 - MU-E HEPA GS ble brukt i oppgaven. Suget på støvsugeren var stilt inn på en minimum styrke, men samtidig nok sug til å fjerne synlig sot på overflaten (Benjaminson 2012:129). Munnstykket på støvsugeren hadde en 2 cm diameter skråskåret åpning. I dette tilfellet var ikke munnstykket utstyrt med noe filter. Ved lavt sug på støvsugeren ble det ansett som liten risiko for at tekstilmateriale suges opp. Det ble heller ikke benyttet en beskyttelsesnetting over tekstilet under rensingen, da dette kunne medføre sot trykkes inn i overflaten. En maksimumstid på 30 minutter er fulgt på hver tekstilprøve, eller til det ikke var noen visuell forskjell i overflateutseendet av rensingen. Munnstykket på støvsugeren ble holdt like over overflaten på tekstilet. Likevel kom munnstykket av og til i kontakt med overflaten. Overflaten ble systematisk renseset i én retning av gangen, der munnstykket fulgte veveretningene (Benjaminson 2012:130). Deretter ble tekstilet snudd 90 grader rundt slik at trådene i tekstilet støvsuges fra ulike retninger. Tekstilet ble snudd fire ganger til tekstilet hadde kommet tilbake til utgangsposisjonen. Ved å støvsuge fra ulike vinkler på tekstilet fjernes mest mulig sot. Tekstilprøvene ble også støvsuget på baksiden, for å fjerne mest mulig sot på tekstilprøvene som en helhet.

Tekstilprøvene som var støvsuget ble klippet i to, og den ene delen ble sotsvampet. Dette gjorde det mulig å oppbevare de to delene som ble renseset i to separate plastposer og slik

forhindre kontaminering av sot. På ullprøvene ble en forsterkningskant sydd på hver side av klippekanten for å forhindre opprekning av maskene i prøven. Dry cleaning sponges Art nr: 916-1000 innkjøpt fra Arkivprodukter.no ble brukt i rensingen. Sotsvampingen ble utført systematisk ved å gå over tekstiloverflaten flere ganger og skifte vinkel på sotsvampingen mellom hver runde etter samme prinsipp som under rensingen med støvsuger. Sotsvampingen ble utført i ca 45 minutter eller til det ikke var visuelt mer synlig sot å fjerne fra tekstilet.

### **5.4 Laboratorieeksperiment 3. En vurdering av fast CO<sub>2</sub>blåsing på en tredimensjonal gjenstand**

#### *5.4.1. Generelle metodevalg*

Det siste og tredje forsøket har vurdert i hvilken grad det er noen forskjell mellom å rense med fast CO<sub>2</sub>blåsing på en tredimensjonal gjenstand i forhold til en todimensjonal tekstilflate. I dette eksperimentet er kåpen brukt som eksempel på den tredimensjonale gjenstanden (se delkapittel 2.2.4). Resultatene for de todimensjonale tekstilprøvene som alt er rensset i eksperiment 1 og 2, ble sammenlignet med resultatene til kåpen. Eksperimentet ble designet for å oppfylle HMS krav for håndtering av sotet materiale og rens med fast CO<sub>2</sub>blåsing, se vedlegg1. s.82.

#### *5.4.2. Fremgangsmetode, fast CO<sub>2</sub>blåsing av kåpen*

Kåpen ble blåst med Cryomidi plus® apparatet som var benyttet i de to tidligere eksperimentene, med samme blåsetrykk på 2 Bar og middels mengde pellets. Det ble ikke laget noen rensebenk til kåpen, derfor ble den rengjort på et hvitt laken på bakken. Avstanden mellom munnstykket på blåseapparatet og kåpen var på én meter til 40 cm. Blåseretningen på overflaten varierte fra en 45 graders vinkel til 180 grader mot overflaten. Blåsing ble utført ved konstante sirkelbevegelser av munnstykket over kåpen på ett område av gangen i ca 20 sekunder. Det ble vektlagt å rense tekstilet til så lite sot som mulig var synlig på tekstiloverflaten. Hele tekstilet ble derfor rensset i ca 15–20 minutter med noen minutters pause i denne perioden, da tekstilet ble snudd rundt og tilpasset underveis i renseprosessen.

### **5.5 Analysemetoder, beskrivelse av fremgangsmetode og begrensninger**

Dette kapittelet gir en beskrivelse av analyseteknikkene benyttet i eksperimentene, som krever en mer detaljert beskrivelse av hvordan analysene er utført.

### *5.5.1. Kvalitative visuelle analysemetoder*

Mikrofotografi ble utført på alle tekstilmaterialene i eksperimentene. Mikrofotografi ble tatt på 50 og 200 gangers forstørrelse, på fire referansepunkter på hver tekstilprøve. Dette gav et gjennomsnittsbilde av tekstilet. I tillegg gav disse referansepunktene mulighet for nøyaktig sammenligning av samme punkt på tekstilet ved: før soting, før og etter rens. Dermed var det mulig å vurdere visuell reduksjon av sotpartikler og forandringer i overflatestruktur på tekstilet både av soteprosessen og renseprosessen. På kåpen er det utført mikrofotografi av 6 punkter fordelt på både ytterstoff og fôret for å få et gjennomsnittsbilde av hele kåpen. Mikrofotografi er gjort før soting, etter soting og etter rens av kåpen.

Mikroskopianalyse ble utført med gjennomlysning på 200 og 500 gangers forstørrelse før soting, før og etter rens på alle tekstilprøvene og kåpen. Til hver tekstilprøve og kåpen ble det tatt to prøver som sammenlignes for å danne en gjennomsnittsvurdering. Foto av fiberprøvene i mikroskopianalysen er tatt med digitalt speilrefleksfotoapparat gjennom det ene okulalet på mikroskopet.

Et utvalgt av prøver måtte gjøres til SEM-EDS topografianalysen da det er begrenset med tilgang på analyseapparatet. Det ble valgt å utføre analyse på prøve fra yttertekstilet i kåpen, ullprøven og både rød- og blå bomullsprøver, på prøver som er både støvsuget og sotsvampet samt prøver som er fast CO<sub>2</sub>blåst. Topografibilder tas av samtlige prøver før soting, før og etter rens. Fiberprøvene er separert og montert på karbontape festet til et metallbord (Taube et al. 2012:202). Deretter ble prøvene karbondekket i en Carbon Coater CC7650. SEM-EDS analyse er utført på en Jeol JSM-840 scanning microscope med 20kV akselerasjonsvolt og strømsensor 3x10<sup>-7</sup> Amp. på 250 og 1200 gangers forstørrelse.

### *5.5.2. Kvantitative analysemetoder*

Kolorimetrianalyse er utført med spektralfotometer CM - 700d/600d Konica Minolta analyseapparat for å måle fargeendringer i SCI. Fargeforskjell mellom før og etter rens er beregnet for å vurdere om rensingen har fjernet sot og med det gjort overflatefargen mer mett/lysere (Shashoua 1996:714). I tillegg er forskjellen mellom utgangspunkt og etter rens beregnet. Dette for å vurdere om rensemetoden hadde mulighet for å avdekke det originale fargeutseendet på tekstilmaterialene. Forskjellsverdien mellom før og etter rens betegnes som  $\Delta E^*a$ , og forskjellsverdien mellom før soting (utgangspunktet) og etter rens betegnes som  $\Delta E^*b$ .  $\Delta$  står for forskjell.  $\Delta E^*$  står for forskjellsverdi og beregnes ut fra formellen:  $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta E^*a)^2 + (\Delta E^*b)^2}$

$(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2$  (Sandu et al. 2011:1173).  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  og  $\Delta L^*$  verdiene i formelen tilsvarende differansen som ønskes og beregnes ut fra  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  verdiene. I denne oppgavens tilfelle benyttes  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  verdiene før og etter rens, samt  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  verdiene mellom utgangspunkt før soting og etter rens (Konica Minolta 2011-2013c). På hver tekstilprøve ble det tatt fire målingspunkter for å beregne et gjennomsnitt. Hver av disse  $a^*$ ,  $b^*$  og  $L^*$  verdiene er gjennomsnittsverdier for disse fire ulike punktene målt på hver tekstilprøve. Kolorimetrianalyse ble utført av samtlige tekstilprøver. Kolorimetrianalyse ble imidlertid ikke utført på kåpen, da sikring av HMS gjorde det praktisk vanskelig.

Strekkestyrketest ble utført på en Instron 55662kN. Analysen kunne imidlertid ikke utføres på ull som har for høy fleksibilitet (The American Society for Testing Materials (ASTM) international 1999:673). Kåpens ytterstoff har en ujevn fordeling av ulike tekstilfibre i materialet som gjør det vanskelig å kunne foreta en sammenligning av prøver fra samme stoff. Antall prøver måtte begrenses og det ble bestemt å kun teste lett sotet rød og blå bomullsmateriale av prøver som er fast CO<sub>2</sub> blåst, samt prøver som er støvsuget og sotsvampet. Fra hver tekstilprøve ble en mindre del klippet av, som representerte prøven før rensing. Dette gjorde det mulig å sammenligne forandringer i styrken i samme prøve før og etter rensing. Totalt ble 8 prøver testet: 4 prøver etter soting og 4 prøver etter rens. Prøvene ble delt igjen til mindre lapper, mellom 5 til 4 i antall, avhengig av hvor store prøvestykkene var. I tillegg ble 4 prøvelapper testet for blå og rød bomull før soting. Dette for å kunne vurdere i hvilken grad soteprosessen har påvirket tekstilmaterialet. Alle prøvelappene var skåret til en bredde på 1,7cm, deretter ble



Fig.13, strekkstyrke test, prøven montert i apparatet

trådene langs den lengste kanten dratt av, slik at tråden fulgte tråddrett hele kanten og gav en bredde på 1,5cm på lappen (fig.14). Lengden varierte noe, mellom 10 til 8,6cm. Lengden ble dessverre for kort i forhold til standarden som anbefaler 10–15cm (The American Society for Testing Materials (ASTM) international 1999:676) Årsaken var mangel på nok materiale. For å kunne forlenge prøvelappene ble maskeringstape satt på



Fig.14, et utvalg av rød bomullsprøver, preparert og testet.

endene av prøvene. For rød bomull, sotsvamp, før og etter rens, ble prøvene skåret etter innslagsretning. For rød bomull CO<sub>2</sub> blåst, før rens, ble prøvene skåret etter renningstråd. For CO<sub>2</sub> blåst rød bomull, etter rens, ble prøvene skåret både etter innslag og renningstråd. For blå bomull ble samtlige prøver skåret etter renningstråden både for sotsvamp og CO<sub>2</sub> blåsing. Et område på 3cm på tekstilprøven mellom klemmene er beregnet (fig.13). Trekkhastigheten for alle prøvene var på 60 millimeter per minutt, som var standard trekkhastighet på apparatet som ble brukt. Beregningene gjøres automatisk via et dataprogram etter test.

Gjennomsnittsberegningene vil i hovedsak benyttes til evaluering av resultatene.

PH måling ble utført med en Horiba B-212 compact pH-meter som gav mulighet for mikroekstraksjon av tekstilmaterialet (Vuori & Tse 2004:4-14). ISO standard 3071 ble fulgt for pH preparering og måling (Tse 2007). 0,02g prøvemateriale til 1 ml destillert nøytralisert vann ble ekstrahert i 12 timer. Det måtte tilsettes ytterligere 1 ml destillert nøytralisert vann for å få nok væske å måle. Løsningen stod i ytterligere 6 timer før prøvene blir målt. Hver prøve ble målt tre ganger for å beregne et gjennomsnitt. Det ble fokusert på lett sotet tekstilprøver for å begrense mengde data i oppgaven. I tillegg ble det valgt å utføre en ny måling av samtlige prøver etter 8 uker etter soteprosessen, for å vurdere om de rensede prøvene forsures ytterligere over tid etter rens. Disse resultatene ble sammenlignet med målinger utført på tekstilprøver som ikke er rensset. Dette for å se hvilken effekt rensingen har på tekstilmaterialets stabilitet i forhold til pH verdi.

#### *5.5.3. Analysemetoder som velges og ikke presenteres eller medberegnes i resultatdel*

Vektmåling er utført på samtlige tekstilprøver før soting, etter soting og etter rens på en analysevekt explorer OHAUS. Det er ikke utført vektmåling av kåpe i mangel av presis vekt som kan måle en så stor gjenstand. Vektmåling gav en indikasjon på mengde sotpartikler som er påført og fjernet under renseforsøkene. På den andre siden kan vektendring også indikere tap av tekstilmateriale. Det konkluderes, denne analysemetoden kan ikke gi resultater som er valide innen tap av sot, og inkluderes ikke i resultatdelen. Dimensjonsmål ble utført med målebånd av tekstilenes utgangspunkt, før og etter rens. Disse resultatene kommenteres heller ikke i resultatdelen, da dimensjonsendringene knyttes til soteprosessen og ikke renseprosessen, og gav ikke relevante opplysninger.



## **6.0. Evaluering av valgte tekstiltyper og validitet i eksperimentene**

### *6.0.1. Evaluering av valgte tekstiltyper til eksperimentene*

I etterkant av eksperimentene vil det anbefales for videre forskning en reduksjon av antall variabler for tekstilprøvene innen: innfarging, type tekstiler, teknologi og aldring.

Tekstilprøvene kan begrenses til nye prøver i ren bomull og ren ull som ikke er innfarget, sammen med et sett ull og bomullsprøver som er naturlig aldret og ikke innfarget. Mange variabler gjør det mer komplisert å sammenligne og skille hvilke faktorer som påvirker resultatet. Samtidig har bredden i tekstilvalget for denne oppgaven gjort det mulig å teste mange forskjellige tekstilmaterialer, tilvirkningsmetoder og ulik grad av nedbrytning, ut av få prøver. Dette var målsettingen med materialvalget, da fast CO<sub>2</sub>blåsing har kun blitt testet i ett kjent tilfelle tidligere på tekstil (Higginson & Prytulak 2012:44).

### *6.0.2. Validitet i eksperimentene*

En evaluering av validitet og mulighet for feilmålinger i eksperimentene og analysemetodene viser noen mulige svakheter (Christensen 2004:182-183,185). En mulig feilkilde av resultater er mitt kompetansenivå for tolkning av analysene benyttet i eksperimentene. En annen mulig feilkilde er rensingen med støvsuger og sotsvamp i dette eksperimentet, der svampingen ble fortsatt selv om dette resulterte i økt omfang av skader på tekstilprøvene. Dette ble gjort for å kunne vurdere i hvilken grad svamping i 45 minutter på tekstilprøvene, ville gi forskjellige sluttresultater avhengig av tekstilprøvenes tilstand.

Uten kvantitative målinger av hvor mye sot som er fjernet, er det problematisk å kunne vite hvilken mengde sot og karbon-hydrokarbon elementer i soten er fjernet. Dette poengteres også av Derelien(1988:10), men det beskrives ikke i detalj hvordan en kvantitativ eksakt metode kan måle mengde sot igjen i tekstilet. Det kunne vært benyttet en gravimetrisk analyseteknikk for å ekstrahere sotpartikler fra tekstilene og deretter målt vekten av de ekstraherte sotpartiklene (Blanquart & Pitsch 2009:1617-1618). Imidlertid innebar denne analysen kjemikalier og fasiliteter som det ikke var tilgang på under denne masteroppgaven. Visuell observasjon og kolorimetrianalyse viser kun en reduksjon av sot fra overflaten på tekstilet. Det var tenkt pH analyse kunne gi en indikasjon på mulig reduksjon av sot i tekstilets materiale ved økende pH-verdi etter rens. Imidlertid gav disse analysene kun en indikasjon på tap av sot i tekstilene og ikke eksakte tallverdier.

## **6.1. Vurdering av analyseteknikker**

Resultatene fra de ulike analysemetodene er ofte sammenfallende og viser samme tendens. Dette forsterker resultatenes vurdering er korrekte. Eksempelvis sammenfalt ofte kolorimetri resultatene med visuelt observerte fargeendringer i tekstilet i form av sot er rensset vekk. Samtidig var fargeforskjellen ofte større målt med kolorimetrianalyse enn visuelt observert. Bellan et al. (2000:1946-1952) har utført en studie der det konkluderes et lag med sot er først visuelt oppfattet av mennesker når det prosentvis dekker 2,4% av overflaten. Tekstilets farge påvirker også i hvilken grad sotavsetning på overflaten er synlig (Bellan et al. 2000:1949-1950). Studiet viser hvor viktig kolorimetrianalyse er for å kartlegge i hvilken grad sot er fjernet visuelt fra overflaten på tekstilene. De ulike visuelle analysemetodene for å avdekke forandringer og skader som oppstod i en tekstiloverflate, gav sammenfallende resultater og forsterker tolkningene. Eksempelvis viste både SEM-EDS og mikroskopi analyse lik tilstand på fiberprøver fra samme tekstilprøve. Strekkstyrketest kunne avsløre et mer svekket tekstil enn det som ble visuelt observert, noe som gir en indikasjon på hvor viktig test av styrke og strukturelle endringer i tekstilmaterialer er for å vurdere rensemeters påvirkning.

## **6.2. Resultat og vurdering for soteprosessen**

### *6.2.1. Soteprosessen for tekstilprøvene*

Soteprosessen medførte sotavsetning på alle tekstilene med varierende skadeomfang. Tekstilprøvene ble dokumentert på samme måte som før soting og viste visuelle endringer. Etter soting ble rød og blå bomull samt ullprøver reorganisert, slik at de ulike rensemeters ble testet på tekstilprøver med like skader. Dette gav 2 prøver som var sotet og varmeskadet og 1 prøve som var lett sotet og lite varmeskadet innenfor alle tekstiltypene til hver rensemeter (se fig.52,s.85). De observerte skadene som oppstod på tekstilene, samsvarte med både litteraturens beskrivelser av varmeskader på tekstil og temperaturene som ble målt under soteprosessen (Cook 1993:69 og Tímár-Balázs & Eastop 1998:35-36og53). Dermed er de observerte skadene på tekstilene mest sannsynlig et resultat av høy temperatur, og betegnes videre i teksten som varmeskader.

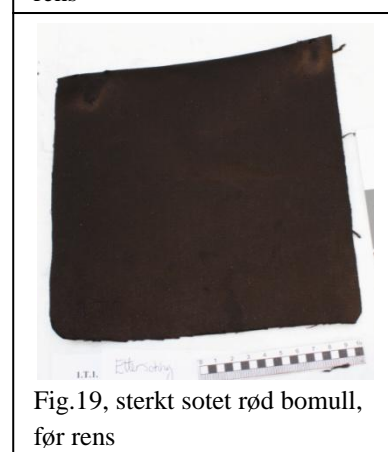
Blått bomullsmateriale ble forskjellig varmeskadet i soteprosessen og gruppert til: lett sotet og ikke varmeskadet, middels sotet og varmeskadet, sterkt sotet og varmeskadet (fig.15-fig.17,s.11 ogfig.52,s.85). Lett sotet prøver var eksponert for maksimum 130°C. Overflaten hadde fått en svak gulnet farge og fått et tynt dekke med sot (fig.15). Middels sotet prøver

hadde fått en brun farge i overflaten og eksponert for maksimum 180°C (fig.16). Bomull begynner å gulne over 120°C og dekomponere på 150°C som et resultat av oksideringsprosessen (Cook 1993:69). Sterkt sotet prøver var eksponert for 230°C, og ble mørke brune, strukturelt svekket, med tydeligere sotavsetning (fig.17, Cook1993:69 og Tímár-Balázsy og Eastop 1998:35-36). Cellulose har en glasstemperatur på  $T_g$  220- 230°C, der store strukturelle skader oppstår når glasstemperaturen nås eller overstiges (Tímár-Balázsy og Eastop 1998:23).



En mikroskopianalyse viste fibre fra sterkt sotet blå bomullsprøver var brune og visuelt inntørket (fig.137,s.98). Trolig er den lysegule, brune og sorte fargen observert på tekstilprøvene som en følge av både varm sotavsetning og høy temperatur. Samtlige tekstiler som ble sterkt sotet, hang på fremste rad og ble eksponert først for den varme soten som fulgte røyken langs taket i konteineren (se kapittel 5.1, fig.11).

Rød bomull fikk større varmeskade enn blå bomull. Dette skyldes trolig de røde bomullsprøvene hang i hovedsak på fremste rad mot varmekilden. Kun fire prøver ble lett nedsoet med ingen visuelle tegn til varmeskade (fig.18 og fig.52,s.85). De lett sotet prøvene var eksponert for maksimum 130°C i forkammeret på konteineren, en lav nok temperatur til at en 30 minutters eksponering ikke medførte vesentlige varmeskader (Cook 1993:69). Resten av de røde bomullsprøvene defineres som sterkt sotet og varmeskadet, og var eksponert for maksimum 230°C (fig.19). Prøvene var



svekket med en sort forkullet overflate (Cook 1993:69 og Tímár-Balázs og Eastop 1998:35-36). En mikroskopianalyse viste at fibrene var uttørket med en brun farge (fig.135,s.98). På rundt 240°C blir bomull skadet etter noen få minutter, som disse resultatene indikerte (Cook 1993:69).

Ullprøvene som hang i forkammeret i 130°C fikk ingen eller en svak gul misfarging (fig.20-fig.22). Like over 100°C tørker ullfiberen ut, og vannbindingskapasiteten til fiberen reduseres ved at den vannbindende karboksylgruppen og en aminogruppe danner en ny peptidbinding i en kondenseringsreaksjon (Tímár-Balázs og Eastop 1998:53). Ullprøver eksponert for 180°C fikk en heldekkende gul farge med mer eller mindre områder av brun farge. I tillegg ble prøvene sprø, deformert og krympet (fig.21-fig 22). Fibrene ble brune og skadet viste mikroskopianalyse (fig.136, s.98). Ved temperatur over 180 °C dannes frie radikale termokjemiske reaksjoner. I tillegg dannes hydrogensulfid og ammoniakk ved en eliminering som gir en gulbrun farge (Tímár-Balázs og Eastop 1998:53). Dermed sammenfaller de visuelle resultatene med den teoretiske beskrivelsen av skader knyttet til varmeenergi.



### 6.2.2. Soteprosessen av kåpen

Etter soteprosessen var det lite visuelle skader på kåpen (fig.23 og fig.86-87s.92). Den ytre høyresiden på hetten ble brunsvidd. På kåpens ytterstoff oppstod ujevn og lett sotavsetning. Fôret i kåpen hadde ingen visuell sotavsetning. Strukturen på tekstilet var visuelt ikke endret. Kåpen var plassert ca en halv



Fig.23, kåpens bakside, sotet før rens

meter over bakkenivå og under det tykke røyklaget som bygget seg opp i rommet. Plassering i rommet kan være årsaken til kåpen ikke ble like skadet som tekstilprøvene. Denne

observasjonen stemmer overens med teorien presentert i delkapittel 4.2.2, der varm sot og røyk stiger opp til innvendig taknivå først og videre fører til en varmere sone øverst i et rom (Addleson 1976:154 og Kidd 1995:14).

### **6.3. Sammenfatning og vurdering av resultater til eksperiment 1. En vurdering av de ulike elementene i fast CO<sub>2</sub>blåsing**

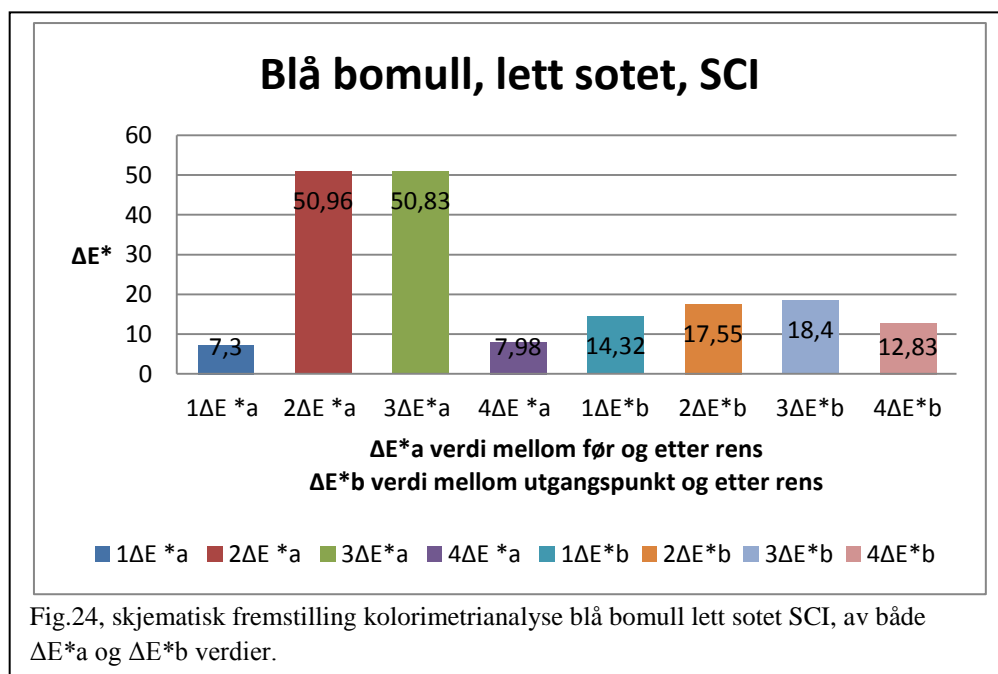
#### *6.3.1. Mål og resultatvurdering*

Del 1 av eksperiment 1, sammenlignet trykkluftblåsing med fast CO<sub>2</sub>blåsing på de todimensjonale tekstilprøvene. Resultatene ble vurdert etter visuell reduksjon av sot fra overflaten, stabiliserende effekt ved å øke pH-verdien i tekstilet, minimumspåvirkning og skadeomfang på tekstilmaterialet av rensebehandlingen. Visuell observasjon, foto, mikrofotografi, kolorimetrianalyse, mikroskopi og pH analyse ble benyttet for å vurdere resultatene (se kapittel 5.5, for analysebeskrivelse). Kun et utvalg av representative resultater presenteres i teksten, se vedlegg 4-11 for ytterligere resultater. I del 2 av eksperimentet ble CO<sub>2</sub>pellets direkte plassert på tekstiloverflaten som ikke var sotet over ulike tidsperioder fra 5 til 60 sekunder. Resultatene er vurdert etter minimumspåvirkning og skadeomfang på tekstilet med analysemetodene: visuell observasjon, foto, mikrofotografi og mikroskopi.

#### *6.3.2. Resultater for eksperiment 1. del 1. Blå bomullsprøver*

Ved en kvalitativ visuell vurdering, med foto, mikrofotografi og mikroskopi, av blå bomullsprøver, observeres det at trykkluft fjernet visuelt færre sotpartikler i forhold til fast CO<sub>2</sub>blåsing. Trykkluft fjernet visuelt løstsittende sotpartikler fra overflaten. Fast CO<sub>2</sub>blåsing fjernet i tillegg visuelt fastsittende sot. De sterkt sotede fast CO<sub>2</sub>blåste prøvene fikk imidlertid en spettete fargeutseende på overflaten, med lysere og mørkere sjatteringer (fig.70,s.89). En kolorimetrianalyse på blå bomulls lett sotet tekstilprøver, viste en liten fargeforskjell mellom de to metodene, der fast CO<sub>2</sub>blåsing hadde 7,3 1ΔE\*a SCI, mens trykkluft hadde 7,9 4ΔE\*a SCI (se fig.24,s.46). En positiv ΔE\*a tallverdi som er større enn 1 indikerer mer mettete farge (Sandu et al. 2011:1173). En mer mettete/reinere farge kan tolkes at sot har blitt fjernet fra overflaten. For blå bomull sterkt sotet tekstilprøver renses med trykkluft, hadde en fargeendring mellom før og etter rens på 12,65 4ΔE\*a SCI, opp mot 4,3 1ΔE\*a SCI for fast CO<sub>2</sub>blåst prøve (se fig.160,s.101). Fargeforskjell mellom utgangspunktet (før soting) og etter rens beregnes også, benevnt med ΔE\*b. I dette tilfellet indikerer 0 i tallverdi ingen fargeforskjell mellom utgangspunkt og etter rens. For sterkt sotet prøver er det ikke mulig å tilbakeføre fargen da tekstilene har gjennomgått en termisk oksideringsprosess og derfor

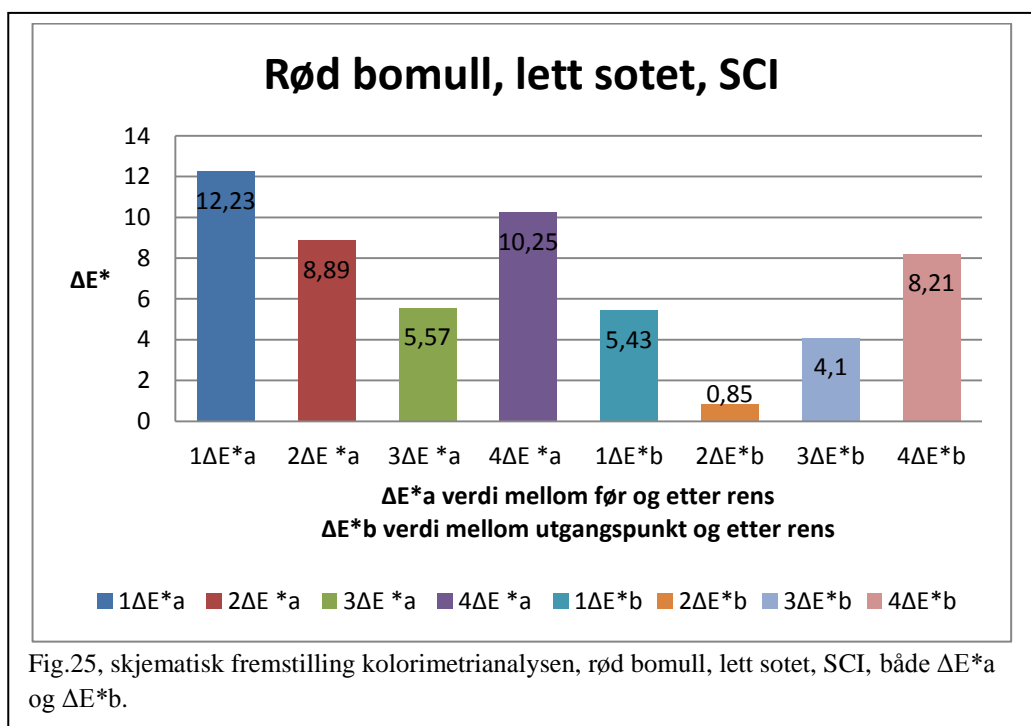
omtales ikke disse verdiene, for resultater se fig.160,s.101. Imidlertid for lett sotet blå bomull er det liten forskjell mellom rensemetodene. Fast CO<sub>2</sub>blåsing har en verdi på 4,7 1ΔE\*b opp mot trykkluft på 16,4 4ΔE\*b (se fig.24). Dermed oppnådde ingen av rensemetodene den opprinnelige fargen på tekstilene.



Etter trykkluftblåsing oppstod det ingen visuelle skader eller forandringer sett med foto, mikrofotografi og mikroskopi (fig.79ogfig.82,s.90, fig.118ogfig.121,s.96, fig.142,s.98). Verken på lett eller sterkt sotet blå bomullsprøver, sett på makro- eller mikronivå, er det forandringer på vevestruktur, tråder eller fibre. For tekstilprøvene som er fast CO<sub>2</sub>blåst førte rensingen til hull på 1mm diameter spredd over hele eller deler av tekstilstrukturen på både sterkt og lett sotet prøver (fig.67ogfig.70,s.89). Foruten hullene oppstod det ingen andre visuelle skader eller forandringer på makro- eller mikronivå, på alle fast CO<sub>2</sub>blåste blå bomullsprøver, observert med samme analysemetoder nevnt for trykkluft (fig.67ogfig.70,s.89, fig.106ogfig.109,s.95,fig.134,s.98). Det viste seg de trykkluftblåste lett sotet blå bomullsprøvene hadde større endring i pH etter behandling enn fast CO<sub>2</sub>blåsing (fig.163s.103). Trykkluft endret seg fra 6,4 pH til etter rens på 7,1pH. For fast CO<sub>2</sub>blåste prøver endret pH seg fra 6,4 pH til 6,8pH. Etter 2 1/2 måned ble det utført nye pH målinger som viste ingen vesentlig endring innenfor +/- marginen på 0,5 både på trykkluft og fast CO<sub>2</sub>blåste prøver (fig.164,s104).

### 6.3.3. Resultater for eksperiment 1. del 1. Rød bomullsprøver

Både sterkt og lett sotet røde bomullsprøver som er fast CO<sub>2</sub>blåst, viste i en kvalitativ visuell vurdering en svak lysere farge og noe mer overfladisk sot synes å være fjernet enn kun ved trykkluftblåsing, dette sett ut fra foto, mikroskopi og mikrofotografi. En kolorimetrianalyse for lett sotet tekstilprøver viste fast CO<sub>2</sub>blåsing hadde en 1ΔE\*a SCI verdi på 12,23, mens trykkluft hadde noe mindre fargeendring på 10,25 4ΔE\*a SCI (fig.25). For prøvene som var sterkt sotet, medførte fast CO<sub>2</sub>blåsing størst fargeendring på 2,69 1ΔE\*a SCI, mens trykkluft hadde en endring på kun 0,72 4ΔE\*a SCI (fig.161,s.102). Kolorimetri resultatene samfaller dermed med observasjonen. Fast CO<sub>2</sub>blåsing medførte en fargeendring fra opprinnelig farge på kun 0,85 1ΔE\*b SCI, opp mot trykkluft som gav en 4ΔE\*b SCI verdi på 8,21 (fig.25).

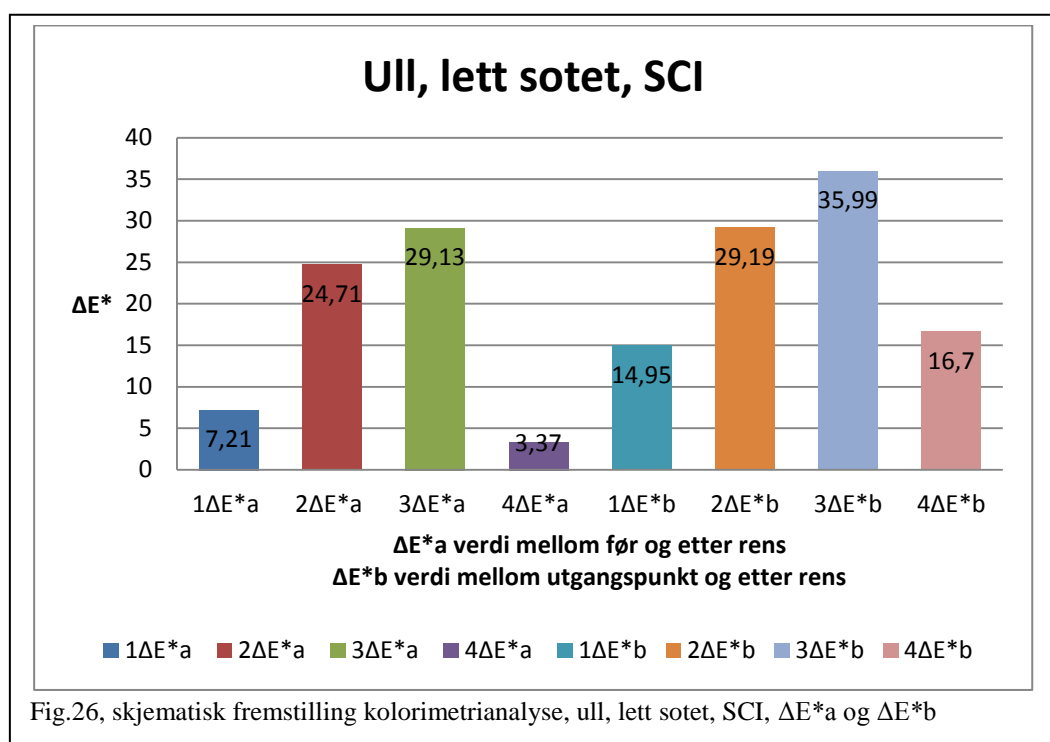


Som for de blå bomullsprøvene, gav fast CO<sub>2</sub>blåsing hull på 1mm til 5mm i diameter i de røde bomullsprøve, men kun på sterkt sotet tekstilprøver (fig.64,s.88). I tillegg medførte blåsing også noen løse tråder langs kantene. Foruten disse skadene ble det ikke observert andre visuelle skader eller forandringer på verken sterk eller lett sotet røde bomullsprøver med fast CO<sub>2</sub>blåsing, sett med foto, mikrofotografi (fig.61ogfig.64,s.88,fig.100ogfig.103, s.95,). Trykkluftblåsing medførte løse tråder og splittelser langs kantene på de sterkt sotede tekstilene (fig.78ogfig.81,s.90,fig117ogfig.120,s.96). På fibernivå observeres ingen visuelle skader eller endringer, verken for trykkluft eller fast CO<sub>2</sub>blåsing (fig128, s.97,fig.141,s.98). PH måling viste trykkluft hadde en svak endring på 6,6 til 6,9pH etter rens, fast CO<sub>2</sub>blåsing

hadde ingen endring på 6,9pH (fig.163,s.103). Etter 2 1/2 måned ble pH målt igjen, men viste ingen vesentlig endring på fast CO<sub>2</sub>blåsing (kun 0,3 økning). For trykkluft hadde pH økt fra 6,9 til 7,5 (fig.164,s.104).

#### 6.3.4. Resultater for eksperiment 1. del 1. Ullprøver

Når både de sterkt og lett sotet ullprøvene ble sammenlignet mellom trykkluft og fast CO<sub>2</sub> blåsing, var det liten visuell forskjell i reduksjon av sot sett med foto, mikroskopi og mikrofotografi. Imidlertid ble det observert minst og en ujevn reduksjon av sot fra prøvene med trykkluft. En kolorimetrianalyse viste for lett sotet prøver fast CO<sub>2</sub>blåsing hadde størst fargeendring på 7,21 1ΔE\*a SCI opp mot 3,37 4ΔE\*a SCI for trykkluft (fig.26). For sterkt sotet prøver var det størst forskjell på trykkluft rensing i farge på 38,88 4ΔE\*a SCI opp mot fast CO<sub>2</sub>blåsing på 31,7 1ΔE\*a SCI (fig.162,s.102). Ingen av rensemetodene oppnådde den opprinnelige fargen på lett sotet ull, begge hadde over 10 ΔE\*b SCI verdi, (se fig.26).



Ingen visuelle skader eller endringer ble observert på lett sotet ullprøve med foto og mikrofotografi og mikroskopi på noen av rensemetodene (fig.67,s89,fig.79,s.90,fig.106,s.95 ogfig.118,s.96,fig.134,s98ogfig.142,s.98). Fast CO<sub>2</sub>blåsing medførte store strukturelle skader på sterkt varmeskadet ullprøver, med hull og brudd på tråder (fig.39,s.57ogfig.76,s.90). For trykkluft ble ingen skader eller forandringer på sterkt sotet prøver observert, sett med foto, mikrofotografi (fig.82,s.90ogfig.121,s.96). PH måling viste en økning fra 4,1 til 4,4pH for trykkluft i sammenlignet med fast CO<sub>2</sub>blåsing som reduseres fra 4,0 til 3,7pH. Imidlertid var



begge verdiforskjellene innen 0,5 verdimarginen, som indikerer liten forskjell mellom rensemetodene (fig.163,s.103). Det ble utført ny pH måling etter 2 1/2 måned, resultatene viste at trykkluftprøvene har gått ned til 3,7pH, og for fast CO<sub>2</sub>blåsing har pH gått ned til 3,5pH (fig.164,s.104).

#### *6.3.5. Oppsummering og drøfting resultater, eksperiment 1. del 1.*

Det kan oppsummeres generelt for alle de tre prøvematerialene trykkluft fjernet mindre sotpartikler fra overflaten enn fast CO<sub>2</sub>blåsing, sett ut fra visuell observasjon og kolorimetrianalyse. Trykkluft fjernet kun løstsittende sot. Fast CO<sub>2</sub> blåsing fjernet i tillegg deler av tettsittende sot. Resultatene kan dermed gi en indikasjon på den teoretiske antagelse, at kombinasjonen mellom trykkluft og fast CO<sub>2</sub>partikler fjerner sot fra overflaten på tekstilene, er korrekt. PH målinger viste små forskjeller i verdiene på de to rensemetodene. Begge rensemetodene fikk pH målinger innenfor feilmarginen på en 0,5 pH-verdi mellom før og etter rens, som gjør det vanskelig å vurdere om én metode er bedre enn den andre. Imidlertid klarte ingen av rensemetodene å få tekstilmaterialene tilbake til utgangspunktet i pH-verdien, verken rett etter rens eller målt 3 måneder etter rens (fig.163-fig.164s.103-104). Trykkluftrensingen medførte mindre visuelle skader på tekstiloverflaten enn fast CO<sub>2</sub>blåsing. På den andre siden, observeres det få visuelle skader eller forandringer på lett sotet prøver blåst med fast CO<sub>2</sub>, verken på mikro- eller makronivå. På de sterkt sotet CO<sub>2</sub>blåste prøvene observeres kun én type skade, hulldannelse (fig.43,s.59). Det kan antas CO<sub>2</sub>partiklene som treffer tekstilet har for høy fart og hardhet og dermed resulterer i hull. Dette da prøvene som hadde noe mer vertikal blåsevinkel fikk mindre og runde hull. Blåsevinkel som var noe mer horisontal på overflaten gav lengre parallelle hull med blåseretningen.

#### *6.3.6. Resultatpresentasjon for alle tre tekstilene til del 2. eksperiment 1*

Del 2 omfattet fast CO<sub>2</sub>pellets eksponert direkte på tekstilprøvene i ulike tidsperioder. Generelt viste resultatene for alle tre tekstilmaterialene ingen visuelle endringer. Det var ingen visuell fargeendring eller forandring på overflatestruktur på makro- eller mikronivå, på veveoverflate, tråder eller fibre, dette undersøkt med: foto, mikrofotografi og mikroskopi. Det var heller ingen visuelle endringer mellom de ulike eksponeringsperiodene på alle tre tekstiltypene, observert med ovennevnte analyseteknikker. Dermed indikerer dette eksperimentet det teoretiske usagnet i kapittel 3.6.2. stemmer. Da det ble antatt tekstilet visuelt i liten grad ble påvirket av kuldesjokket fra fast CO<sub>2</sub>blåsing. Derimot ble det antatt

en risiko for mekanisk slitasje av tekstiloverflaten fra fast CO<sub>2</sub>blåsing som treffer overflaten med 2 Bars trykk. En teori som i dette forsøket viste seg å være korrekt.

#### **6.4. Sammenfatning og vurdering av resultatene til eksperiment 2. En sammenligning av tre utvalgte tørre mekaniske rensemetoder**

##### *6.4.1. Mål og resultatvurdering*

Eksperiment 2, sammenlignet fast CO<sub>2</sub>blåsing opp mot støvsuger og sotsvamp og kun støvsuger, utført på de todimensjonale tekstilprøvene. Resultatene er vurdert etter hvor effektivt sot ble fjernet visuelt fra tekstilet, rensemetodens mulighet for å øke pH verdien i tekstilet, og minimum av skade og påvirkning på tekstilet på mikro- og makronivå. Følgende analysemetoder er benyttet: visuell observasjon, foto, mikrofotografi, mikroskopi, kolorimetrianalyse, pH måling, SEM-EDS topografi og strekkstyrketest ( se kapittel 5.5, for analysebeskrivelse). Kun utvalg av representative resultater presenteres i teksten, se vedlegg4-11 for flere resultater.

##### *6.4.2. Resultater eksperiment 2. Blå bomullsprøver*

Generelt har sotmengden blitt redusert på alle de sterkt og middels sotede blå bomullsprøvene og samtlige har fått en lysere brun fargetone uansett rensemetode, dette sett med visuell observasjon, foto og mikrofotografi. Imidlertid medførte fast CO<sub>2</sub>blåsing til en ujevn rens av sotpartiklene som nevnt i eksperiment 1. De lett sotet prøvene for alle rensemetodene har fått en svak lysere og renere farge etter rens med reduksjon av sot fra overflaten. En kolorimetri analyse viser lett sotet prøve som kun er støvsuget har størst fargeendring med en  $2\Delta E^*a$  SCI verdi på 50,96. Støvsuger og sotsvamp prøven følger tett etter med en  $3\Delta E^*a$  SCI verdi på 50,83. Fast CO<sub>2</sub>blåst prøven har en fargeforskjell før og etter rens på kun 7,3  $1\Delta E^*a$  SCI (se fig 24 s.46). Det påpekes imidlertid, prøven som er fast CO<sub>2</sub>blåst, hadde mindre visuell sotavsetning på overflaten i utgangspunktet enn de andre prøvene. Forskjellsverdien blir dermed heller ikke så stor. Også prøvene som er sterkt sotet viser samme tendens der støvsuger prøven har en SCI  $2\Delta E^*a$  verdi på 33,37, mens støvsuger og sotsvamp prøven har en verdi på 31,58  $3\Delta E^*a$  SCI. Fast CO<sub>2</sub>blåsing har kun 4,3  $1\Delta E^*a$  i SCI verdi (fig.160,s101). Verdiene fra kolorimetrianalysen antyder mindre sot er fjernet fra de fast CO<sub>2</sub>blåste prøvene enn de andre rensemetodene. Ingen av rensemetodene oppnådde å tilbakeføre fargen i lett sotet prøver til den opprinnelige fargen, der alle hadde en verdiforskjell på over 10  $\Delta E^*b$  SCI, (se fig.24 s.46).

Som tidligere nevnt, medførte fast CO<sub>2</sub>blåsing til flere hull på rundt 1mm i diameter på både de lett sotede og sterkt sotede blå bomullsprøvene (se fig.28ogfig.43,s.59). Støvsugning av sterkt og middels sotede prøver førte til revner inn fra sidekantene (fig.27). Sotsvamp i kombinasjon med støvsugning førte til ytterligere skader på sterkt sotede prøver, blant annet hull (fig.27ogfig.71s.89). Alle rensemetodene førte dermed til visuelle skader på tekstilstrukturen på de hardt og middels sotede prøvene.



Fig.27, etter rens blå bomull, sterkt soted, venstre kun støvsuget, til høyre støvsuget og sotsvampet



Fig.28, etter rens blå bomull, sterkt soted, fast CO<sub>2</sub>blåst, til venstre på tekstilet, hulldannelse



Fig.29, etter rens, blå bomull, lett soted, venstre støvsuget, høyre støvsuget og sotsvampet

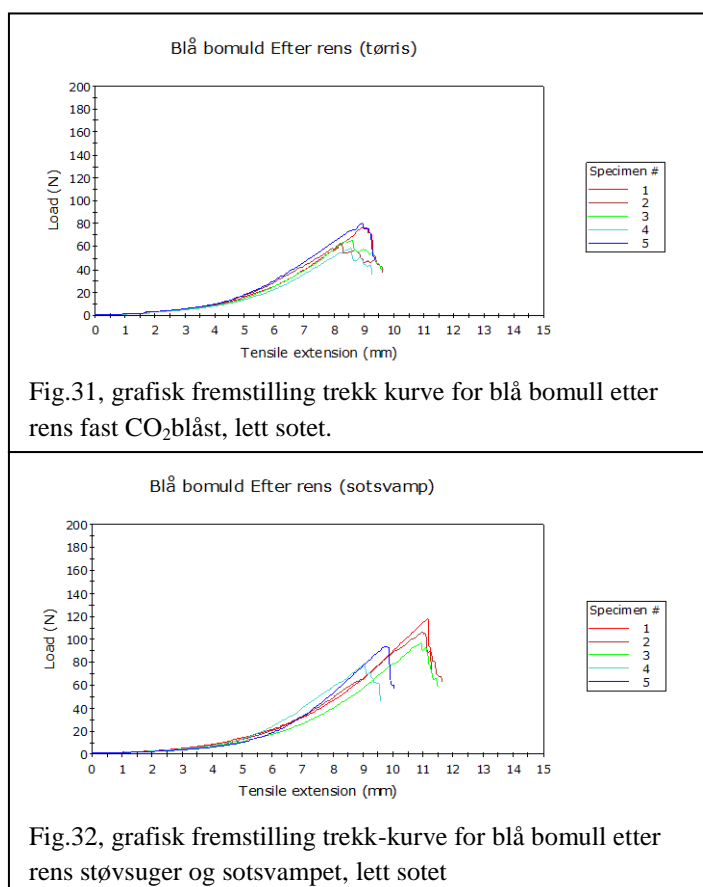


Fig. 30, etter rens, blå bomull, lett soted, fast CO<sub>2</sub>blåst

For lett sotede prøver som er støvsuget og sotsvampet oppstod ingen skader (fig.30og fig.68, s.89). På lett sotede fast CO<sub>2</sub>blåst prøver oppstod, foruten hullene, ingen andre synlige forandringer eller skader, verken på overflatestruktur, vevemønster, tråder eller fibre (fig.30, fig.67,s.89ogfig.105,s.95). Verken mikroskopi eller SEM analyse viste noen visuell forskjell på fiberoverflaten mellom de ulike rensemetodene på lett sotede blå bomullsprøver (fig.134ogfig.139,s.98, fig.155-fig156,s.100).

PH analyse utført rett etter rens viste en liten forskjell eller uendret verdi før og etter rens (fig.163,s.103). Fast CO<sub>2</sub>blåsing gikk opp fra 6,4 til 6,8 pH. Støvsuger var uendret på 6,9pH, mens støvsuger og sotsvamp gikk fra 6,6 til 6,7pH. Når pH ble målt 2 1/2 måned etter rensingen var utført, var pH uendret for fast CO<sub>2</sub>blåst prøve. Mens pH for kun støvsuger samt støvsuger og sotsvamp ble målt til 7,1pH, en lav økning som kan konkluderes til ingen vesentlig endring i pH (fig.164,s.104).

En strekkstyrketest av lett sotet blå bomullsprøver viste at fast CO<sub>2</sub>blåsing hadde svekket styrken noe mer sammenlignet med støvsuger og sotsvamp rens (se fig.31-fig32 og fig.165,s.106-fig.169,s.107og fig.177,s.110-fig.181,s.111). For sotsvamp og støvsuger var maksimum Load (maksimal belastning) svekket med 0,69 Newton (fig.180,s.110-fig.181,s.111). Strekk lengden på maksimal belastning har økt med 0,75mm etter rens, som indikerer rensingen har forårsaket endring i tekstilet. For fast CO<sub>2</sub>blåsing var maksimal belastning svekket med 2,68 Newton. Strekk lengde på maksimal belastning har økt med 1,07mm(fig.178-fig.179,s.110). Dette resultatet indikerer en større forandring har oppstått etter CO<sub>2</sub>blåsing, som kan tyde på svekkelse i tekstilet. Resultatet kan også tyde på en forandring i forholdet mellom de krystallinske og amorfe områdene i tekstilet, da tekstilet virker svakere, men kan strekkes lenger før det revner etter rens.



Sammenlignet med utgangspunktet (før soting) for blå bomull har prøven som ble fast CO<sub>2</sub>blåst fått en større svekkelse av soteprosessen enn sotsvamp og støvsugerprøven. Den fast CO<sub>2</sub>blåste prøvens maksimale belastning har blitt svekket med 36,56 Newton av soteprosessen, opp mot 3,52 Newton svekkelse av soteprosessen for sotsvamp og støvsugerprøven (fig.177 og fig.178 og fig.180, s.110). Dette innvirker på sluttresultatet, og gjør det vanskelig å bedømme om det er rensemetoden eller soteprosessen som forårsaker den fast CO<sub>2</sub>blåste prøven har fått et noe mer svekket sluttresultat.

Oppsummert for blå bomull, fjernet støvsuger mest sot og skadet minst tekstilmaterialet, spesielt på de sterkt sotede tekstilprøvene. Fast CO<sub>2</sub>blåsing fikk minst fargeendring både for lett og sterkt sotet tekstilprøver etter rens. Fast CO<sub>2</sub>blåsing var den eneste metoden som skadet visuelt tekstilmaterialet på lett sotet prøver. Ingen av rensemetodene klarte imidlertid å få pH-verdien til utgangspunktet før soting. Det kan oppsummeres for blå bomull, fast CO<sub>2</sub>blåsing gav resultater som ikke er akseptable sett ut fra renseeffekt og skadeomfang sammenlignet rens med støvsuger og sotsvamp.

#### *6.4.3. Resultater for eksperiment 2. Røde bomullsprøver*

For røde bomullsprøver observeres det med foto, mikrofotografi og mikroskopi, størst fargeendring (reduksjon av sot) for lett sotet prøver og minst fargeendring på de sterkt sotede prøvene for alle rensemetodene. Ved visuell observasjon hadde overflaten fått noe mer glans på prøvene som var sterkt sotet og renses med fast CO<sub>2</sub>blåsing og med støvsuger rens. Kolorimetri viste for lett sotet rød bomullsprøver mindre fargeforskjeller mellom de ulike rensemetodene enn sammenlignet med blå bomull. Størst fargeforskjell og da størst reduksjon av sot, var fast CO<sub>2</sub>blåsing på 12,23 1ΔE\*a SCI verdi (forklaring på ΔE\*a se s.45). For støvsuger var 2ΔE\*a verdien på 8,89, og støvsuger med sotsvamp viste minst reduksjon av sot med 5,57 3ΔE\*a SCI verdi (se fig.25 s.47). For prøvene som var sterkt sotet var det liten forskjell, der igjen fast CO<sub>2</sub>blåsing hadde størst fargeforskjell før og etter rens på 2,69 1ΔE\*a SCI. Støvsuger hadde en forskjell på 2,55 2ΔE\*a SCI mens støvsuger og sotsvamp har minst forskjell på 1,53 3ΔE\*a SCI (se fig.161, s.102). Støvsuger lett sotet prøve har en 2ΔE\*b SCI verdi på 0,85 etter rens og er dermed nærmest den opprinnelige fargen (forklaring på ΔE\*b se s.45). Fast CO<sub>2</sub>blåst lett sotet prøve var lengst unna den opprinnelige fargen på 5,43 1ΔE\*b SCI, etter rens (se fig.25, s.47).

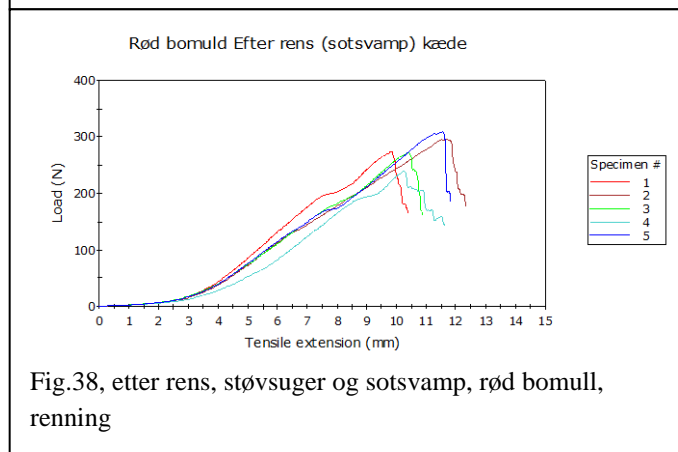
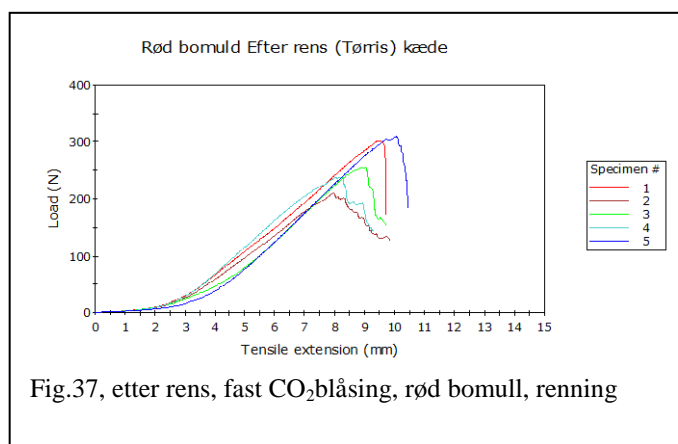
På de sterkt sotede prøvene observeres fast CO<sub>2</sub>blåsing og støvsuging kun fjernet de største og mest løstsittende sotpartiklene. Mikrofotografi viste små tettbundne sotpartikler satt igjen i dypereliggende groper. Støvsuger og rens med sotsvamp fjernet mer sot, men var den metoden som medførte mest skader på prøvene som var sterkt sotskadet. Overflatestrukturen på innslagstråden var kraftig nedslitt sett med mikrofotografi og deler av innslagstråden var helt eller fullstendig borte i visse deler av prøven (fig.34ogfig.65,s.88). Også fast CO<sub>2</sub>blåsing medførte synlige skader på sterkt sotede prøver i form av hull spredd over hele overflaten (fig.33ogfig.64,s.88). Støvsuging gav noen revner langs kantene på de sterkt sotede prøvene (fig34ogfig.65,s.88). Mikrofotografi viste tydelig innslagstråden var delvis avslitt og tynnere enn i utgangspunktet etter støvsuging (fig.104,s.95).



Det kan oppsummeres at de sterkt sotede prøvene er i den grad svekket av soteprosessen, så et hvert forsøk på å fjerne sot også fjernet eller skadet tekstilmateriale, uansett tørr mekanisk rensemetode. For lett sotede røde bomullsprøver var det ingen visuelle forandringer eller

skader på noen av rensemetodene på makronivå eller mikronivå, sett med foto, mikrofotografi, mikroskopi og SEM-EDS analyse (se fig.35 og fig.36, fig.61-fig.62, s.88, fig.100-fig.101, s.95, fig.128, s.97, fig.138, s.98, fig.149, s.99, fig.157, s.100). Vevemønster, tråder og fibre viste ingen visuelle endringer. Måling av pH verdier viste for fast CO<sub>2</sub>blåsing ingen endring på 6,9pH før og etter rens. Støvsuging viste en svak endring fra 6,6pH før rens til 6,8pH etter rens. Støvsuger og sotsvamp viste størst endring der pH gikk fra 6,6 før rens til 7,2 etter rens (fig.163, s.103). Etter 2 1/2 måned ble det utført ny pH test, resultatene for alle rensemetodene viste en svak økning på 0,2 i pH verdi (fig.164, s.104).

En strekkstyrketest på lett sotet røde bomullsprøver, utført langs renningstråden, antyder fast CO<sub>2</sub>blåst prøve er svekket noe mer enn sotsvamp og støvsugerprøven etter rens (se fig.37 og fig.38, fig.170-fig.176, s.107-109, fig.182-fig.188, s.111-113). For støvsuger og rens med sotsvamp er maksimum Load (maksimal belastning) økt med 9,69Newton. Strekkklengde på maksimal belastning har også økt med 1.48mm (fig.187-fig.188, s.113). De økte verdiene kan komme av forandring i forholdet krystallinske og amorfe områder og påvirker fleksibilitet og styrke i materialet.



For Fast CO<sub>2</sub>blåste renningstrådprøver var maksimum Load verdien etter rens svekket med 5,67Newton, mens strekk lengde på maksimal belastning er svekket med 0,32mm (fig.184-fig.186,s.112). Verdiene viser en reduksjon i styrke og fleksibilitet i materialet. Det må påpekes at beregningene er utført med førverdien tatt fra støvsuget og sotsvampet prøve, som gir noe mer usikkerhet i sluttverdien. For fast CO<sub>2</sub>blåste prøver viste innslagstråden en større svekkelse enn renningstråden etter rens. Soteprosessen kan ha vært en medvirkende årsak til dette, da strekkstyrketest viste innslagstrådprøven var mer svekket enn prøven langs renningstråd etter soting. Maksimum Load er svekket med 9,69Newton og strekk lengden svekket med 1,48mm for innslagstråd prøven (fig.183,s.111 og fig.184,s.112). For renningstråden viste det seg soteprosessen tvert om førte til en økning i både strekk lengde og maksimum Load (fig.182,s.111,fig.187,s.113). Dette er trolig en medvirkende årsak til sluttresultatene.

Oppsummert for røde bomullsprøver, virket fast CO<sub>2</sub>blåsing renest for sot av de lett sotet prøvene ut fra kolorimetri og visuell analyse i forhold til de andre rensemetodene (fig.25 s.47). Alle rensemetodene viste ingen visuelle tegn til skader på lett sotet prøvene. Men fast CO<sub>2</sub>blåsing medførte hulldannelse på sterkt sotet prøver. Støvsuger og sotsvamp fjernet mest sot på de sterkt sotede tekstilprøvene, men medførte også til de største skadene. Støvsuger og sotsvamp var den metoden som økte mest pH verdien. Derimot oppnådde ingen av rensemetodene å bringe pH-verdien tilbake til utgangspunktverdien før soteprosessen. For lett sotet rød bomull kan fast CO<sub>2</sub>blåsing vise et potensial som rensemetode. Dette sett ut fra ingen visuelle skader og sot har blitt visuelt fjernet fra tekstilet. Strekkstyrketest kan indikere mer svekkelse i fast CO<sub>2</sub>blåst prøve enn støvsuger og sotsvamp prøven, men utgangspunktet til den CO<sub>2</sub>blåste prøven er ukjent, dermed bringer dette noe usikkerhet rundt sluttresultatet.

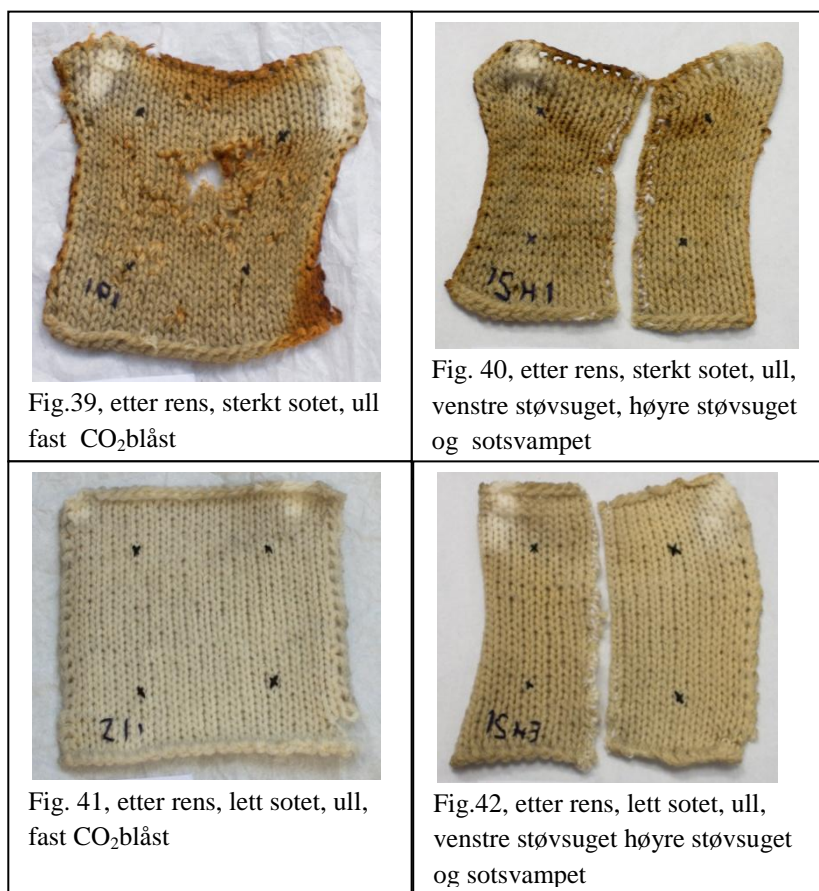
#### *6.4.4. Resultater for eksperiment 2. Ullprøver*

Alle ullprøvene evalueres for fargeendring og tap av sot etter en kvalitativ visuell observasjon med foto og mikrofotografi, mikroskopi og SEM-EDS analyse. For de lett sotede prøvene var det en svak endring til en lysere farge, der fast CO<sub>2</sub>blåst prøve har visuelt fjernet minst sot. De sterkt sotede ullprøver i alle rensemetodene har fått en svak lysere farge og sot har blitt fjernet (fig.76-fig.77,s.90). Kolorimetrianalyse viste for lett sotet ullprøver, størst fargeforskjell etter rens med støvsuger og sotsvamp på 29,13  $\Delta E^*a$  SCI verdi. Deretter fulgte støvsuget prøve på 24,71  $\Delta E^*a$  SCI. Fast CO<sub>2</sub>blåst prøve har minst fargeforandring på 7,21  $\Delta E^*a$  SCI, som indikerer fjernet minst overflatesot (fig.26, s.48). For prøven som er sterkt sotet gav imidlertid



fast CO<sub>2</sub>blåsing den største fargeforskjellen på 31,7  $\Delta E^*a$  SCI. Støvsuger og sotsvamp sterkt sotet prøve hadde en fargeendring på 9,7  $\Delta E^*a$  SCI, mens støvsugerprøven hadde minst fargeendring på 6,31  $\Delta E^*a$  SCI (fig.162,s.102). For prøvene som er lett sotet var ingen prøver i nærheten av fargen før soting. Støvsuger og sotsvamp var det resultatet som samsvarte minst med opprinnelsesfargen på  $\Delta E^*b$  35,99 SCI. Fast CO<sub>2</sub>blåsing var nærmest opprinnelses fargen på  $\Delta E^*b$  14,9 SCI (fig 26,s.48).

Samtlige ullprøver hadde i utgangspunktet lite sot deponert på overflaten. Alle tre rensemetodene førte til en reduksjon visuelt av sotpartikler. Likevel var det sporadisk igjen sotpartikler på alle prøvene ved alle rensemetodene. Ingen av fremgangsmåtene rensset vekk mer eller mindre sot ut fra en kvalitativ vurdering. SEM-EDS analyse og mikroskopi viste færre sotpartikler etter fast CO<sub>2</sub>blåsing sammenlignet med kun støvsuger og støvsuger med sotsvamp (fig.131,s.97, fig.140,s.98, fig.151,s.99, fig.158,s.100). For sterkt sotet prøver oppstod det store hull med brudd og revner av fast CO<sub>2</sub>blåsing (fig.39).



For støvsuger med og uten sotsvamp var det ingen skader på overflaten annet enn at trådene og maskene så mer dratt ut og ble rufset av sotsvampingen (fig.40). Svampingen medførte svært statisk elektriske prøver. For prøvene som var lett sotet var det ingen visuelle skader for noen av rensemetodene på makronivå (fig.41-fig.42 og fig.73-fig.74,s.89). Derimot viste SEM-EDS analysen av lett sotet prøver en noe mer opprevet skjellstruktur på fiberen av rens med støvsug og sotsvamp enn fast CO<sub>2</sub>blåsing.

PH måling for lett sotet ullprøver viste en ytterligere forsuring etter rens for samtlige rensemetoder (fig.163,s.103). Fast CO<sub>2</sub>blåsing gikk fra 4,0 til 3,7 pH etter rens. Kun støvsuging gikk fra 5,7 til etter rens på 4,7. For støvsuging og sotsvamp forsuret pH fra 5,7 til etter rens på 4,4pH. Etter 2 1/2 måned hadde pH for fast CO<sub>2</sub>blåsing fått en svak endring til 3,5 pH. For støvsuging ble pH målt til 6,1 og dermed økt med 1,4 i pH. For lett sotet prøven med støvsuger og sotsvamp var det ingen endring på 4,4 pH (fig.164,s.104).

Oppsummert viste gjennomgangen av resultatene en stor forskjell mellom sterkt og lett sotet prøver. For sterkt sotet ullprøver medførte fast CO<sub>2</sub>blåsing til destruktive skader. For lett sotet ullprøver oppstod ingen visuelle skader med de tre rensemetodene. Fast CO<sub>2</sub>blåst lett sotet prøve viste minst fargeendring, mens rens med støvsuger med sotsvamp mest, som kan antyde den sistnevnte metoden fjerner mer sot fra overflaten. Imidlertid for sterkt sotet prøver viste fast CO<sub>2</sub>blåsing størst fargeforskjell og dermed kan indikere fjerning av sot. PH måling viste etter alle rensemetodene en forsuring, som kan indikere at kjemiske nedbrytende elementer fortsatt er igjen i tekstilene.

#### *6.4.5. Oppsummering og drøfting av resultater til eksperiment 2.*

Sot ble fjernet på alle tekstiltypene av fast CO<sub>2</sub>blåsing, både sterkt og lett sotet, men i varierende grad, et resultat som stemmer overens med teorien, satt opp i kapittel 3.6.1. Visuell analyse og kolorimetri viste generelt fast CO<sub>2</sub>blåsing fjernet minst sot på blå bomull og ull, men mest på rød bomull, sammenlignet med de andre rensemetodene. Samtidig oppnådde ingen av rensemetodene på noen av materialene å rense prøvene tilbake til opprinnelsesfargen. Dette antyder at sot er igjen i overflaten på samtlige prøver uansett rensemetode. Men det kan også være et resultat av fargeendring på prøvene på grunn av for høy temperatur i soteprosessen.

Skadeomfanget på prøver av de ulike tekstiltypene var forskjellige. Størst forskjell på resultatene oppstod mellom lett og sterkt sotet prøver. Eksperimentene indikere tilstanden på tekstilene før soting hadde liten betydning sammenlignet med skadene som oppstod under soteprosessen. Rød bomull, som var i utgangspunktet sterkere enn blå bomull, fikk sterkt sotet prøver som var mer skrøpelige i forhold til blå bomull. Dette var tydelig i håndteringssituasjoner av

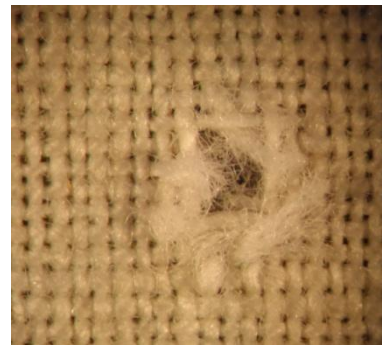


Fig.43, en typisk hullskade etter fast CO<sub>2</sub>blåsing, blå bomull, hullet ca 1mm.

sterkt sotet prøver. For prøver i alle tre materialene som var sterkt sotet, medførte fast CO<sub>2</sub>blåsing skader på tekstilprøvene i form av hulldannelse (fig 43). Resultatene i eksperimentene indikerte at trykket i kombinasjon med CO<sub>2</sub> partiklene medførte hull i de tynneste og mest svekket tekstilprøvene. Trolig var blåsetrykket på overflaten mindre enn 2 Bar på grunn av avstanden mellom munnstykket og tekstilet (Snethlage & Sterflinger 2011:452 henviser til Prickarts & Heuser 1991). Likevel konkluderes det, lavere trykkluft må benyttes ved senere renseforsøk. Fast CO<sub>2</sub>partiklene virket hardere i eksperimentene i oppgaven enn i pretesten introdusert i delkapittel 1.4. Visuelt hang pelletsen i eksperimentene mer fast på tekstiloverflatene enn i pretesten. I eksperimentene ble det benyttet fersk CO<sub>2</sub> pellets. For pretesten ble 5 dager gammel fast CO<sub>2</sub>pellets benyttet. I ettertid er det funnet anbefaling på å bruke noen dager gammel fast CO<sub>2</sub>pellets, da det gir mykere partikler som gir en mer skånsom behandling (Denlert 2013:18). Dette kan være en medvirkende årsak til skadene på tekstilmaterialet i eksperimentene som ikke oppstod i pretesten. Finere knuste partikler kan trolig også bidra til reduksjon av skadeomfanget. Snethlage & Sterflinger (2011:451) observerte forskjeller mellom 2mm til 0,1mm størrelse på sandpartikler hadde stor forskjell i risikoen for skadeomfang på en murveggflate. Videre forskning i partikkelstørrelse og alder på fast CO<sub>2</sub>partiklene anbefales, da det vil belyse betydning av partikkelenes oppbygning og egenskap for rensesultatet.

Støvsuger og sotsvamp rensingen medførte også skader på sterkt sotet prøver. Skadene var derimot av et annen karakter, mer slitasje av hele tekstiloverflaten, spesielt for rød bomull (fig. 65,s.88, fig.104,s.95). I en evaluering av sotsvamp ble det konkludert at svampene har en slipende effekt på overflater (Moffatt 1992:10). En beskrivelse som samsvarer med skadeobservasjonene i dette forsøket. Sotsvamping gav dessuten rester av sotsvamp på overflaten som var vanskelig å fjerne (Moffatt 1992:10). Dette problemet unngås med fast

CO<sub>2</sub> blåsing som ikke etterlater restprodukter på overflaten. I eksperimentene i oppgaven fjernet støvsuging kun overflatesot, men også denne rensemetoden medførte skader på tekstilprøvene. De sterkt varmeskadde tekstilprøvene var i den grad svekket, håndtering av prøvene var vanskelig uten å medføre revner eller kollaps i materialet av sin egen vekt. Uansett tørr mekanisk behandlingsmetode medførte et renseforsøk til tap av tekstilmateriale. Generelt var skadene for alle tekstilmaterialene visuelt synlig på makronivå. På mikronivå var det ingen eller svært få observerte skader. Dette vil si fiberstrukturen var visuelt upåvirket, mens tekstilstrukturen viste skader.

For lett sotet prøver viste visuell analyse ved foto, mikrofotografi, mikroskopi, og SEM-EDS analyse, at rensemetodene gav skader i liten grad. Fast CO<sub>2</sub>blåsing på blå bomull medførte hulldannelse. Dette kan skyldes tekstilet var opprinnelig mer svekket og i et tynnere materiale. På rød bomull og ull derimot ble det ikke observert noen visuelle skader. Imidlertid viste strekkstyrketest en svekkelse for begge bomullsmaterialene ved fast CO<sub>2</sub>blåsing. Samtidig knytter det seg usikkerhet til utgangspunktet for de CO<sub>2</sub> blåste bomullsprøvenes tilstand før rens. Dette gjør det vanskelig å vurdere om det er renseprosessen eller soteprosessen som i hovedsak har svekket tekstilet. For lett sotet prøver som ble renset med støvsuger og sotsvamp, ble det ikke observert visuelle skader og strekkstyrketesten indikerte liten forskjell. I kapittel 6.3.1. ble det antatt at rensing med fast CO<sub>2</sub>blåsing og støvsuger med sotsvamp visuelt ville føre til tilsvarende skadeomfang på tekstilene. Det kan konkluderes, eksperimentenes resultatene viser alle metodene medførte mer eller mindre skader og det er vanskelig å bedømme om en metode er bedre enn den andre ut fra visuell observasjon.

Sammenføyningsteknikk var et utvalgs-kriterium for å kunne vurdere om rensemetodene reduserte sotavsetning i både tett og løst sammenføyet tekstilmateriale. Etter alle rensemetodene var det sotavsetning igjen visuelt i dypere groper og inne i tekstilmaterialet på både bomull og ull, som var representanter for tett og løst sammenføyet tekstil. Det var vanskelig å sammenligne hvilket materiale som var mest renset, da sotavsetningen i utgangspunktet var noe ujevnt fordelt mellom de ulike prøvene. Det ble antatt at et fleksibelt materiale ville i bedre grad tåle en mekanisk rens enn et stivt. Styrken i materiale ble antatt å påvirke renseresultatet. Imidlertid viste det seg, med visuell observasjon og strekkstyrketest, soteprosessen påvirket og reduserte både fleksibilitet og styrke i både ull og bomull. Dermed var det vanskelig visuelt å bedømme om det var forskjell i renseresultatene mellom bomull og ull.

Den siste kriteriet for rensebehandlingen var å fjerne sot for å forhindre den forsurende nedbrytningen av sot på tekstilmaterialet. PH målinger viste ingen av rensemetodene oppnådde pH-verdiens utgangspunkt, der alle lett sotet prøvene ble surere enn før soting. Dermed var det forsurende elementer igjen i tekstilet også etter rens. Forskjellen i pH verdiene mellom før og etter rens, varierte noe på tekstilprøvene, men sjelden over 0,5 pH verdi som tilsvarer feilmarginen for måleinstrumentet brukt i oppgaven. Forskjellen mellom før soting og etter rens, var stor for noen prøver. For blå bomull var utgangspunkt på 8,0pH og etter rens var laveste verdi på 6,8pH. Ulls utgangspunkt var på 6,1, etter rens var lavest verdi på 3,5pH (se fig.163-fig.164,s.103-104 for samtlige pH verdier). De lave pH-verdiene kan medfører en risiko for akselerert nedbrytning.

Til tekstilprøvene var det laget et rensedbord med netting, der tekstilprøvene var festet med nåler fast i en skumplate på nettingen eller direkte på nettingen. Det viste seg tekstilene som lå direkte på nettingen fikk et avtrykk av nettingmønsteret på overflaten. Det anbefales derfor å bruke skumplate som støtte bak tekstilet. Det er vanskelig å bedømme om tekstilet fjernet mer sot ved å ha åpent område bak tekstilet, enn den harde treplaten som ble benyttet under pretesten. Dette er et tema som kan være av interesse for videre utprøving.

## **6.5. Sammenfatning og vurdering av resultater fra eksperiment 3. En vurdering av fast CO<sub>2</sub> blåsing på en tredimensjonal gjenstand**

### *6.5.1. Mål og resultatvurdering*

I tredje og siste eksperiment er fast CO<sub>2</sub> blåsing testet på en tredimensjonal tekstilgjenstand. Det fokuseres på yttertekstilet i kåpen, da fôret på innsiden ikke hadde noen visuell sotavsetning. Resultatene er vurdert etter: effektivitet for å fjerne sot visuelt fra tekstilet, metodens mulighet for å øke pH verdien i tekstilmaterialet, og i hvilken grad skader og forandringer oppstår i tekstilet på både mikro og makronivå. Bevaring av kåpens tredimensjonale form er vurdert visuelt som et tilleggskriterium. Sømmer mellom tekstilstykkene i kåpen er også visuelt vurdert i forhold til om sømmer blir mer utvidet, eller er skadet av den faste CO<sub>2</sub>blåsing. Analyseteknikker brukt i vurderingen av resultatene er: visuell observasjon, foto, mikrofotografi, mikroskopi, pH analyse og SEM-EDS topografi (se kapittel 5.5. for detaljert analysebeskrivelse).

### 6.5.2. Resultater for eksperiment 3, rens av kåpen

Ut fra en kvalitativ visuell vurdering sammen med foto og mikrofotografi ble selve fargen på kåpen, både på fôr og ytterstoff, vurdert til ikke å ha visuelt forandret seg mellom før og etter rens (fig.88-fig.89,s.93, fig.92,s.94,fig.95,s.94). Sot er derimot visuelt fjernet fra kåpen. Under rensingen virket overflaten på kåpen frosset, og mye "snø" (CO<sub>2</sub> partikkel) satt igjen i den lodne overflaten på



Fig.44, etter rens, kåpens fremside

yttertekstilet. I opptil 15 minutter var kåpen dekt av et "snølag" før det sublimerte, overflaten virket kald. Likevel var det ingen visuelle forandringer eller tegn til frostskaader på fiberprøver fra kåpen sett med mikroskopi og SEM-EDS analyse (fig.123.fig.125,s.97, fig.144-fig.145,s.99). Det var heller ingen skader på makronivå, tråder og vevemønstre hadde ingen endring. Rensingen av kåpens yttertektstil gav et visuelt renere utseende på overflaten, både tetsittende og løstsittende soflekke ble renseset vekk, sett både med foto og mikrofotografi



Fig.45, kåpen ytterstoff med sot, før rens. x500



Fig.46, kåpen ytterstoff etter rens, x500

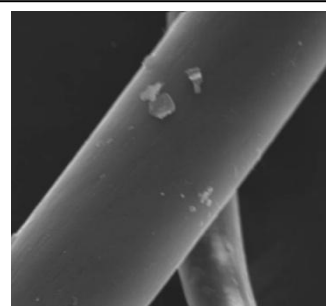


Fig.47, kåpen, SEM-EDS analyse, etter rens, x1200

(fig 44 og fig.84-95,s.91-94). Også mikroskopi og SEM -EDS analyse viste sotpartikler synlige ned til 1200 forstørrelse hadde blitt fjernet fra fiberoverflaten (fig.45-fig.47 og fig.123.fig.125,s.97, fig.144-fig.145,s.99). Formen på kåpen var visuelt ikke påvirket, men kåpens tekstil så noe mer krøllet ut (fig.42). Dette skyldes nok ikke rensemetoden, men heller ugunstig oppbevaring i transport bort fra renseområdet. Ingen visuelle skader eller forandringer på yttertekstilet, sømmer eller fôret ble observert på verken makro- eller mikronivå, sett med foto, mikrofotografi, mikroskopi og SEM-EDS analyse (fig 44 og fig.84-95,s.91-94, fig.45-fig.47 og fig.123.fig.125,s.97, fig.144-fig.145,s.99).

Et mål med å rense kåpa var å evaluere om fast CO<sub>2</sub>blåsing kan benyttes for å rense en komposittgjenstand som en helhet. Det var ingen visuelle skader på knappene, men ingen

videre analyse ble utført for å bekrefte dette. De ulike tekstilmaterialene viste ingen synlige forskjeller av behandlingen. Denne kåpen hadde kun visuell sot spredd på få områder, og kunne behandles som en helhet. Ved et sotdekke over hele gjenstanden, kan det tenkes fast CO<sub>2</sub> blåsing kan utføres som en forbehandling på hele gjenstanden, for å redusere sot fra overflaten slik at kåpen blir lettere å håndtere. Deretter må det vurderes om folder, sømmer og innsider i tekstilmaterialet må undersøkes, for å se om sot sitter igjen og videre behandling behøves. I et slikt tilfelle må trolig sømmen i tekstilet sprettes opp og deler av gjenstanden behandles hver for seg. Teoretisk er det usikkert om sotpartiklene blåses tvers igjennom tekstilet og avsettes på innsiden av fôret i kåpen. Fôret i kåpen ble klippet opp ved hettens høyre side, på et område der det var sot på yttersiden av ytterstoffet (fig.48). Det viste seg ingen visuell sotavsetning var synlig på innsiden av ytterstoffet eller fôret (fig.49).



Fig.48, utsiden av hetten med sot, hvit pil viser område



Fig.49, innsiden av yttertextil, hvit pil markere samme sted på fig.43.

Dermed kan det antas sotpartiklene blåses av tekstiloverflaten. Samtidig var det ikke mulig å vurdere hvor mye sot som ble blåst inn i tekstilet og ikke var synlig på baksiden. Videre forskning for å kartlegge sot inne i tekstilmaterialet er av interesse, for å avdekke om et tekstil innehar sot som ikke er synlig på utsiden etter rens. Ingen visuelle tegn til stress i tekstilet på grunn av fiberblandingen ble observert. Det

syntetiske fôret hadde heller ingen visuelle skader eller forandringer sett med foto og mikroskopi. Ytterstoffets pH var uforandret etter sooting, og etter rensing var pH på 7,6 (fig.163.,s.103). Fôret ble målt etter sooting til 7,7, etter rensing var dette på 7,6. Etter 2 1/2 måned ble pH målt igjen og ytterstoffet fikk en pH-verdi som har økt svakt til 7,9 pH. Fôret hadde en uendret pH verdi. PH i utgangspunktet for ytterstoffet var på 8,2, etter sooting ovenfor feilmarginen på 0,5pH verdi, og defineres som tilnærmet uendret både av soteprosessen og rensingen (se fig.163-fig.164, s.103-104). Den sterke røyklukten i kåpen forsvant nesten umiddelbart etter rensingen, og den originale lukten var igjen fremtredende. Dette var en indikasjon på sot med flyktige organiske syrer var redusert i den grad at kilden til lukt var borte (se kapittel 4.3.3).



### *6.5.3. Oppsummering og sammenligning opp mot todimensjonale tekstilprøver*

Fast CO<sub>2</sub>blåsing som rensemetode på kåpen, kan konkluderes ut fra resultatene som lovende. Styrken i kåpens tekstilmateriale burde vært testet for å få et fullendt resultat. Praktisk var det vanskeligere å utføre en jevn rens av kåpen i forhold til tekstilprøvene, da kåpen medførte mer håndtering enn de todimensjonale tekstilprøvene under renseprosessen. Imidlertid, visuell sammenligning av resultatene til tekstilprøvene som ble blåst, viste fast CO<sub>2</sub>blåsing av kåpen gav gode resultater. Dette kan skyldes flere faktorer. Syntetisk tekstil ble teoretisk antatt å være enklere å rense enn bomull og ull. Kåpen innholdt syntetisk tekstil, og det kan antas at kåpen renses lettere på grunn av morfologien til fiberne. Imidlertid innholdt kåpen også ull og bomull, så dette kan ikke være en hovedårsak. Bomullsprøvene var i tynnere materialer og vibrerte under fast CO<sub>2</sub>blåsing og de tynnere blå bomullsprøvene vibrerte mer under blåsing enn rød bomull. Kåpen derimot vibrerte ikke av fast CO<sub>2</sub>blåsing, da den bestod av et tyngre tekstilmateriale. Ulik tyngde og tykkelse i tekstilet var et kriterium for valg av tekstilprøver med påstanden: tykkere og tyngre tekstiler tåler bedre fast CO<sub>2</sub>blåsing. Dette viste seg å stemme ut fra disse eksperimentenes resultater, da kåpen visuelt ikke fikk skader i forhold til de tynnere tekstilprøvene. Kåpen var heller ikke festet til noe, som derimot tekstilprøvene var, en faktor som kan påvirke og forsterke vibrasjonsskader. Kåpen var ikke visuelt like mye skadet av brannen som tekstilprøvene, da den ikke hadde vært eksponert for den varme røyken i takhøyde. Trolig kan røyken og høy temperatur hatt større innflytelse på renseresultatene enn først antatt.

## **6.6. Vurdering av metodene støvsuger, sotsvamp og fast CO<sub>2</sub>blåsing i forhold til utstyr, kompetanse og HMS krav**

### *6.6.1. Kompetanse og behov for utstyr til de tre rensemetodene*

Støvsuger og sotsvamp rens er metoder som krever utstyr som er lettere tilgjengelig enn fast CO<sub>2</sub>blåsing. Fast CO<sub>2</sub>blåsing behøver både kompressor, CO<sub>2</sub> pellets og spesialtilpasset apparat. Fast CO<sub>2</sub>blåseutstyret er derfor et utstyr som lånes inn for det gitte tilfellet ved de fleste museer. Sotsvamp og støvsuger med HEPA-filter er således lettere tilgjengelig for det enkelte museum. Støvsuging med sotsvamp er dessuten rensemetoder som krever i mindre grad spesialkompetanse å utføre enn fast CO<sub>2</sub>blåsing. På den andre siden poengteres det rens med støvsuger og sotsvamp krever også innføring i bruk og kompetanse for å få gode renseresultater. Som eksperimentene viste, kan brannskadet materiale få store skader om ikke støvsuger og sotsvamp brukes på en korrekt måte. Spesialkompetanse er nødvendig for å



bruke fast CO<sub>2</sub>blåsing korrekt. Og derfor skal kun personer med kompetansen for bruk av fast CO<sub>2</sub> blåsing utføre en slik rens. Erfart fra eksperimentene oppleves kontrollen mellom å skade og rense et tekstil som liten med fast CO<sub>2</sub>blåsing. Derfor må metoden testes ut i større grad for å få en kunnskap om hvilke retning, avstand og bevegelse som er best for å rense med fast CO<sub>2</sub>blåsing. Det kan oppsummeres at fast CO<sub>2</sub>blåsing i dag er en metode forbeholdt personer med kompetanse til å utføre en kontrollert rens av tekstil. Sotsvamp og støvsuger vil dermed være et alternativ med enklere utstyrstilgang, men krever også opplæring i korrekt bruk for å redusere unødvendig skade på tekstilmateriale. Et delmål i oppgaven var å evaluere fast CO<sub>2</sub>blåseapparatet Cryomidi plus® , som ble benyttet i eksperimentene. Kan dette apparatet benyttes i en krisesituasjon for å rense sot fra brannskadet tekstil? Apparatet kunne virke for voldsomt til å benyttes på tekstil. Imidlertid viste det seg i de utførte forsøkene fast CO<sub>2</sub>blåsing ikke visuelt førte til skader på de lett sotede rød bomull og ull prøvene og kåpen. Mer robuste, tyngre og lite varmeskadde tekstiler, kan vurderes som potensielle materialer som kan renses i en krisesituasjon med et slikt apparat. Men det poengteres, det må utføres videre evaluering av apparatet på slike tekstilmaterialer før en anbefaling av bruk kan settes.

#### *6.6.2. Evaluering av de tre rensemetodene i forhold til HMS*

Støvsuger og sotsvamp vil medføre avfall av kontaminert materiale. Sotsvamp medfører trolig størst avfall da svampene kastes oftest etter engangs bruk. Sotsvampene kan vaskes, men mister noe av sin effekt (Hackett 1998:64). Fast CO<sub>2</sub>blåsing er markedsført som et miljøvennlig alternativ, med gjenbruk av CO<sub>2</sub> gass, og har dermed et fortrinn i forhold til de tradisjonelle metodene. Likevel må HMS klarering utføres, og fast CO<sub>2</sub>blåsing må gjøres i et godt ventilert rom eller avtrekksskap, da CO<sub>2</sub>gass er helseskadelig å inhalere (se vedlegg1). Apparatet brukt i oppgaven er best egnet for utendørsbruk på grunn av størrelsen. Sotsvamp og støvsuger har et fortrinn, da metodene samler opp soten. Det må settes et spørsmål til hvor sotpartiklene blir av under fast CO<sub>2</sub> blåsing, da CO<sub>2</sub> partiklene sublimerer til gass er det usikkert om sotpartiklene er små og lette nok til å suges opp i et avtrekk med gassen. Et videre forskningstema er å avklare hvor sotpartiklene blir av under renseforsøket. Det kan oppsummeres i dag har støvsuger og sotsvamp et fortrinn som rensebehandling i forhold til fast CO<sub>2</sub>blåsing da de er lett tilgjengelige, billige, krever liten kompetanse og samler opp sotpartiklene kontrollert. Samtidig innehar fast CO<sub>2</sub>blåsing egenskaper som er gunstige. Som en mer ukjent rensemetode, kreves videre forskning for å få klarert usikre momenter med behandlingen.

## 7.0. Oppsummerende konklusjon og videre forskning

### 7.0.1. Oppsummering av renseerfaringen fra eksperimentene for å fjerne sotavsetning på brannskadet tekstil

Det kan konkluderes at oppgaven har bidratt til å belyse hvordan brannforløp, varme og sot utvikling i rom vil påvirke, svekke og skade tekstilmaterialene. Skadene, da spesielt varmeskadene, fra soteprosessen har vist seg å påvirke tekstil i større grad enn antatt, som igjen påvirket rensesresultatene. Mikroskopi og SEM-EDS topografifoto etter soting, viste eksempler på sotpartikler i alle tre tekstilprøvene som først ble synlig på 500 og 1200 gangers forstørrelse. Sot ble da observert som små sorte partikler tett på fiberoverflaten (se fig.124,s.97 og fig.151,s.99). Dette illustrerer hvor små sotpartikler kan være og kompleksiteten av å skulle fjerne, eller mer realistisk, redusere mengden av disse partiklene. En teoretisk redegjørelse i kapittel 4.4 av klebeevnen mellom sot og tekstil viste en tett og kompleks binding. Praktiske eksperimenter i oppgaven gav erfaring som bekreftet kompleksiteten ved å rense sot av tekstil. Til tider kunne rensingen i praksis virke mer kompleks enn den teoretiske beskrivelsen.

### 7.0.2 Oppsummering og vurdering av fast CO<sub>2</sub> blåsing som rensemetode

Kan fast CO<sub>2</sub>blåsing benyttes for å rense sot av historisk tekstil fra en museums kontekst etter brann? Etter en resultatgjennomgang av de tre eksperimentene, må det sies konklusjonen vil være mer nyansert enn ja eller nei. Eksperimentene har bidratt med observasjoner og resultater, beskrevet i kapittel 6, som besvarte delspørsmål satt opp i kapittel 2 og delkapittel 4.6.

Resultatene for alle tre eksperimentene viste fast CO<sub>2</sub>blåsing som metode fjernet sot både fra: ull, bomull, syntetiske og blandinger mellom syntetisk og naturbaserte fibre. I renseforsøkene på kåpen og tekstilprøvene ble det observert at mer løstsittende partikler blåses av med en gang, mens de mer tettsittende sotpartiklene slapp overflaten først etter noen sekunder. Kåpen ble blåst i 20 sekunder før all visuell sot løsnet fra et område. Det kunne virke som partiklene måtte fryses og bearbeides før de løsnet fra tekstiloverflaten. Dette kan stemme overens med en teoretisk redegjørelse av hvordan metoden fungerer gjennom en termisk og mekanisk effekt, se delkapittel 4.5.4. Fast CO<sub>2</sub>blåsing medførte imidlertid til forandringer og skader på noen av de brannskadde tekstilprøvene i eksperimentene. Pretesten viste ingen visuelle skader eller forandringer på samme type røde bomullsprøver brukt i eksperimentene, hvorfor denne

forskjell? En årsak kan være pretestprøvene ikke var utsatt for en varm soteprosess. Tekstiler som hadde vært utsatt for høy varme, fikk desto mer skader i renseprosessen. Det kan konkluderes fast CO<sub>2</sub>blåsing ikke bør utføres på varmeskadet og svekket tekstil. Higginson og Prytulak (2012:44) konkluderte kort fast CO<sub>2</sub>blåsing som metode for å fjerne sot fra løsevevet og nedbrutt tekstil ikke var egnet. Samtidig vil det påpekes rens med støvsuger og sotsvamp førte til desto mer skader på tilsvarende varmskadde tekstilprøver.

Eksperimentene viser fast CO<sub>2</sub>blåsing som metode har sine svakheter som rensemethode. Samtidig påpekes det fast CO<sub>2</sub>blåsing som rensemethode er ny, lite testet og ikke tilpasset for rens av sot fra tekstil. Metoden har et potensial for å fjerne sot, vist på kåpen og de lett sotede tekstilprøvene, med lite visuelt synlige skader. Imidlertid konkluderes det, dagens utstyr gir en risiko for skader på tekstil. Og det er et behov for videre testing før metoden kan avklares som egnet å bli benyttet på historiske tekstiler fra en museums kontekst.

### *7.0.3. Videre forskning*

Fokuset i videre forskning bør være, hvordan kan fast CO<sub>2</sub>blåsing tilpasses til tekstil? Hva er årsak til skader og svekkelse i tekstilet av metoden? Og er det mulig å forandre metoden slik at disse årsakene ikke lenger medfører risiko for svekkelse i tekstilet? Årsak til hulldannelse ble vurdert og CO<sub>2</sub>partikkelens egenskaper samt trykklufttilpasning ble trukket frem som mulige faktorer til forbedring av metoden. Videre forskning kreves for å utforske disse faktorene. Det må også klareres om fast CO<sub>2</sub>blåsing svekker styrken i tekstil, som strekkstyrketesten i denne oppgaven gav en indikasjon på. Videre forskning innen å forstå hvordan skader fra brann påvirker tekstilmateriale er også aktuelt. Ved å forstå kilden til skaden, kan en korrekt behandling tilrettelegges.

## Referanseliste

---

Addleson, L. 1976, " volume 4: Heat and Fire and their Effects", i *Materials for building*, Newnes - Butterworths, London

Akbar, M. K. & S. M. Ghiaasiaan 2006, "Radiation heat transfer and soot thermophoresis in laminar tube flow", i *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications: An International Journal of Computation and Methodology*, Taylor & Francis, UK

Alexandersson, K., T. Erenmalm, M. Jokinen, E. Karlsen, A. Laurila, S. Lindkvist, S. Linnanmäki, O. Sørmoen, 2004, i red. A. Laurila, *Can we learn from the heritage lost in a fire? Experiences and practices on the fire protection of historic buildings in Finland, Norway and Sweden*, national board of antiquities, Department of Monuments and Sites, publication no 26. Helsinki

Appel, J., H. Bockhorn, M. Frenklach, 2000, " Kinetic Modeling of soot formation with Detailed Chemistry and Physics: Laminar Premixed Flames of C<sub>2</sub> Hydrocarbons" i *Combustion and Flames*, (2000), s.122-136, the Combustion Institute, Elsevier Science Inc.

Appelbaum, B. 2007, *Conservation treatment methodology*, Butterworth - Heinemann, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sidney, Tokyo.

Baril, P. 1998, *Museum fires and losses*, i CCI notes 2/7, Canadian Conservation Institute, [online], [http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/2-7\\_e.pdf](http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/2-7_e.pdf), tilgjengelig 7.9.2013.

Barnett Balaam, J. 2004, *Workshop; identification of textile fibers*, Barcelona.

Bellan, L. M., L. G. Salmon, & G. R. Cass, 2000, "A study on the Human Ability To Detect Soot Deposition onto Works of Arts", i *Environmental Science & Technology*, vol. 34., NO. 10, s.1946-1952, American Chemical Society [online], <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es990769f>, tilgjengelig 16.12.2013.

Benjaminson, L. 2012, "Att dammsuga ett kulturarv", s.128-133, i Christensson, P., & V. Overland, *Textilkonservering: att vårda ett kulturarv*, Svenska föreningen för textilkonservering, Bohusläns museum förlag

Bischoff, J. J., & A. Murray, 2005, "Digital microscopy and applications of digital image analysis for the study of textile fibers", i red. Janaway, R., & P. Wyeth, *Scientific Analysis of Ancient and Historic Textiles: Informing Preservation, Display and Interpretation*, AHRC Research Center for Textile Conservation and Textile Studies, First annual conference 13-15 July 2004, s.3-11, Postprints, Archetypes publications, London

Blanquart, G., & H. Pitsch 2009, "Analyzing the effects of temperature on soot formation with a joint volume-surface-hydrogen model", i *combustion and Flame* (2009), s.1614-1626, Elsevier Ltd.

Calin, P., J. Pålsgård, R. Stadsnes, C. Wahlstrøm Tellefsen, 2012, *Fysikk 1, Ergo*, 2. utg. red. Corell, J. A., & T. Wøien, Aschehoug, & Co.

Canadian Conservation Institute, 2008, *CCI Notes 13/13: Commercial Dry Cleaning of Museum Textiles*, Canadian Conservation Institute, Canada

Christensen, L. B. 2004, *Experimental methodology*, 9 utg. Pearson and AB, Boston, New York, San Francisco, Mexico City, Montreal, Toronto, London, Madrid, Munich, Paris, Hong Kong, Singapore, Tokyo, Cape Town, Sydney

Cook, J. G. 1993, *Handbook of textile fibers; Man-made fibers*, Merrow, Darlington, Co Durham

Cold Jet, 2013a, *Dry ice blasting Machines*, [online] <http://www.coldjet.com/en/products/dry-ice-blasting/index.php>, tilgjengelig 5.12.2013.

Cold Jet, 2013b, *Fire restoration, reduce cleaning time up to 80%*, [online] <http://www.coldjet.com/en/industries/fire-restoration.php>, tilgjengelig 20.11.2013

Cryo Tech, 2007, *Brannsanering*, [online] <http://www.cryotech.no/sider/tekst.asp?side=45>, tilgjengelig 20.11.2013

Cryo Technics, 2010, *Operations Manual for the CRYOMIDI PLUS!® Pneumatic dry ice blasting machine*, Cryo Technics, Nederland

Cryo Technics, 2013, *Products and Services, Cryo Clean line*, [online] <http://www.cryotechnics.nl/>, tilgjengelig 5.12.2013

Crowe, J., T. Bradshaw, P. Monk, 2006, *Chemistry for the Biosciences: the essential concepts*, Oxford University Press, Oxford

Dalåsen, V. 2012, muntlig kommunikasjon

Denlert, L., 2013, "Konservering av Carl Milles Poseidon", i *meddelelser om konservering*, 1-2013, s.12-22, IIC - Nordic group nordisk konservatorforbund

Denzin, N. K., & Y. S. Lincoln, 2013, *Collecting and Interpreting Qualitative Materials*, 4 utg. Sage, Los Angeles, London, New Dehli, Singapore, Washington DC.

Derelien, S. 1988, "Accessioned textiles" i Roberts, B., C. Verheyen, W. S. Ginell, S. Derelien, L. Krowech, T. Longyear, B. Milliam, L. Strauss, D. Silguero, R. Tank & J. L. Greaves, "An Account of the Conservation and Preservation Procedures Following a Fire at the Huntington Library and Art Gallery", s.9, i *Journal of the American Insitute for Conservation*, Volume 27. Number 1, (spring 1988) s. 1-31, Maney Publishing on the behalf of the American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, [online] <http://www.jstor.org/stable/3179758>, tilgjengelig 20.11.2013

Dorge, V., & S. J. Jones, 1999, *Building an emergency plan, A guide for museums and other Cultural Institutions*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles

Dry Ice Blast Cleaning.com , 2000-2011, *Applications of dry Ice Blast Cleaning*, [online], <http://www.dryiceblastcleaning.com/Applications.htm>, tilgjengelig 20.11.2013

Edwardsen, J. E. 2013, muntlig kommunikasjon

Fachhochschule Köln, *Datenbank der Diplomarbeiten*, [online] <http://db.re.fh-koeln.de/ICSFH/Daten/datenbanken.aspx>, tilgjengelig 23.11.2013

Feather, B. 1993, *After the Fire is Out: Cleaning Household Textiles and Clothing*, university of Missouri Extension, [online] <http://extension.missouri.edu/p/gh145>, tilgjengelig 10.12.2013.

Fihl, Z., og C. Holmefjord, 2011, "Tørrisblåsing av hvalknokler - et forsøk", i red. H. Heggtveit, N. R. Kjølsten, M. Hovdan, *Norske Konserver*, s.15-18, 1/2011, Nordisk konservator forbund Norge [online] [http://www.nkf-n.no/component/docman/cat\\_view/65-norske-konserver?Itemid=248](http://www.nkf-n.no/component/docman/cat_view/65-norske-konserver?Itemid=248), tilgjengelig 18.11.2013.

Fong, C. 1974, "Taking the sand out of blasting", i *American machinist* 118, s.67. Number 21, (1974 Oct 14), McGraw- Hill Companies Inc., New York

France, F. G. 2005, "Scientific analysis in the identification of textile materials", i red. Janaway, R., & P. Wyeth, *Scientific Analysis of Ancient and Historic Textiles: Informing Preservation, Display and Interpretation*, AHRC Research Center for Textile Conservation and Textile Studies, *First annual conference 13-15 July 2004*, s.95-101, Postprints, Archetypes publications, London

Francis, K. 1998, "Disaster recovery: teaching textile salvage techniques to the first response team", i *Textile Specialty Group Postprints*, Vol. 8. contain the proceedings from the textiles sessions of AIC's 26th Annual Meeting in Arlington, VA, (1998), American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

Frenklach, M. 2002, " Reaction mechanism of soot formation in flames", i *Pysh. Chem. Chem. Phys.* 2002, 4. s.2028-2037, The Owner Societies

Ginell, W. S. 1988, "Analytical Chemistry" i Roberts, B., C. Verheyen, W. S. Ginell, S. Derelian, L. Krowech, T. Longyear, B. Milliam, L. Strauss, D. Silguero, R. Tank & J. L. Greaves, "An Account of the Conservation and Preservation Procedures Following a Fire at the Huntington Library and Art Gallery", s.7, i *Journal of the American Insitute for Conservation*, Volume 27. Number 1, (spring 1988) s. 1-31, Maney Publishing on the behalf of the American

Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, [online]

<http://www.jstor.org/stable/3179758>, tilgjengelig 20.11.2013

Glasø, G. (red.), 2012, "Tre og brann", i *Fokus på tre*, nummer 37, (februar 2012), Norsk

Treteknisk Institutt, Trefokus, Tresenteret, [online]

[www.trefokus.no/Fokus\\_på\\_brann\\_2012\\_p1Wh8.pdf](http://www.trefokus.no/Fokus_på_brann_2012_p1Wh8.pdf), tilgjengelig 4.12.2013

Godfraind, S., R. Pender, B. Martin, 2012, *Practical building Conservation: metals*, Ashgate Publishing Ltd.

Göteborg Universitet, 2011, *Publikasjoner 2013*, [online]

<http://www.conservation.gu.se/publikationer>, tilgjengelig 23.11.2013

Hatchfield, P. B. 2002, *Pollutants in the Museum Environment*, Archetype Publications Ltd. London

Hackett, J. 1998, "Observations on soot removal from textiles", i *The textile Specialty Group postprints; papers delivered at the Textile Subgroup Session, American Institute for Conservation, annual meeting 8*, Volume 8, s.63-69, American Institute for Conservation of Historic and Artistic Work Textile Specialty Group, Washington DC, United States

Han, J., & Wang B. 2006, "Thermal shock resistance enhancement of functionally graded materials by multiple cracking", i *Acta Materialia* 54 (2006), s.963-973, Elsevier Ltd.

Harris, S. J. & A. M. Weiner, 1985, "Chemical kinetics of soot particle growth", i *Annual Review Physics chemistry*, s.31-52, Annual Reviews Inc.

Higginson, E. & G. Prytulak, 2012, "Dry ice (CO<sub>2</sub>) blasting Tests at the Canadian Conservation Institute", s.44, *38th Annual Conference and Workshop, Canadian Association for Conservation of Cultural Property*, Canadian Association for Conservation of Cultural Property, Ottawa

Homann, K. & H. G. Wagner, 1996, "Kap 8. Some Aspects of Soot Formation" i "Dynamics of exothermicity: in honor of Antoni Kazimierz Oppenheim"s. 151-184, i red. Sirignano, W. A., *Combustion Science & technology book series*, volume 2. Gordon and Breach Publishers,



Australia, Canada, China, France, Germany, India, Japan, Luxembourg, Malaysia, The Netherlands, Russia, Singapore, Switzerland, Thailand, United Kingdom.

Hånes, H. & M. Låg, 2013, *Fakta om svevestøv i uteluft og helse*, fakta ark, Folkehelseinstituttet, [online]  
[http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=List\\_6212&Main\\_6157=6263:0:25,6227&MainContent\\_6263=6464:0:25,6630&List\\_6212=6218:0:25,6631:1:0:0::0:0](http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=List_6212&Main_6157=6263:0:25,6227&MainContent_6263=6464:0:25,6630&List_6212=6218:0:25,6631:1:0:0::0:0), tilgjengelig 20.12.2013.

Jespersen, O., og H. Billeschou Juhl, 2013, "Brand i Aalborg søfarts - og marinemuseum", T. Lindgren, i *meddelelser om konservering, 1-2013*, s.3-11, IIC - Nordic group nordisk konservatorforbund.

Kidd, S. (red.) 1995, *"Heritage Under Fire: A guide to the protection of historic buildings"*, 2. utg. The Fire Protection Association for the UK Working Party on Fire Safety in Historic Buildings, London

Konica Minolta, 2011-2013a, "Part 1: L\* a\* b\* color space", i *Precise color communication* [online], <http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/07.html>, tilgjengelig 27.12.2013

Konica Minolta, 2011-2013b, "Part 3: Color and Gloss (SCE and SCI Methods), i *Precise color communication* [online]  
<http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part3/02.html>, tilgjengelig 27.12.2013

Konica Minolta, 2011-2013c, "Part 1: colorimeters excel at reporting even minute color difference", i *Precise color communication* [online]  
<http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/11.html> tilgjengelig 17.11.2013

Krowech, L. 1988, "Draperies and Valance", i Roberts, B., C. Verheyen, W. S. Ginell, S. Derelian, L. Krowech, T. Longyear, B. Milliam, L. Strauss, D. Silguero, R. Tank & J. L. Greaves, "An Account of the Conservation and Preservation Procedures Following a Fire at the

Huntington Library and Art Gallery", s.11, i *Journal of the American Insitute for Conservation*, Volume 27. Number 1, (spring 1988) s. 1-31, Maney Publishing on the behalf of the American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, [online]  
<http://www.jstor.org/stable/3179758>, tilgjengelig 20.11.2013

Levitt, A. M. 1997, *Disaster planning and Recovery; A guide for facility Professionals*, John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto

Marko, K. 1997, "Continuing Conservation Traditions at Upprak: The Conservation of the Saloon Curtains", i red. K. Marko, *Textiles in Trust, Proceedings of the Symposium 'Textiles in Trust' held at Blickling Hall Norfolk, September 1995*, s.108-117, Archetype Publications in association with the National Trust, London

Manson, J. 1993, "After the fire: the treatment of six artifacts", i *The ethnographic conservation newsletter of the Working Group on Ethnographic Materials of the ICOM Committee for Conservation* Number 11 (1993), s.7-8, ICOM Committee for Conservation. Working Group on Ethnographic Materials, Suitland, Maryland

Maxwell, S. E., & H. D. Delaney, 1990, *Designing Experiments and Analyzing Data: A model Comparison Perspective*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California

McCraig, I & B. Ridout, 2012, *Practical building Conservation: timber*, Ashgate Publishing Ltd.

McManus, N. 2007, " Where There`s Fire, There`s Soot and smoke and..." i *Cleaning & Restoration* 3, (May 2007), Restoration Industry Association

McMurry, J. 2007, *Organic Chemistry: a biological approach*, Thompson Brooks, Cole, Belmont, CA

Moffatt, E. 1992, "Analysis of "Chemical" sponges used by the commercial fire clean-up industry to remove soot from various surfaces", i *IIC-CG Bulletin*, 17(3),s.9-10, International Institute for Conservation of Historic and Artistic work, CG, Ottawa

Moncrieff, A. & G. Weaver, 1987, "Science for conservators; Volume 2", Cleaning, i red. Ashley-Smith, J. *Conservation science teaching series*, Museums & Galleries Commission in conjunction with Routledge, London & New York

Muñoz Viñas, S. 2010. "Minimal Intervention Revisited", i red. Richmond, A., & A. Baker, *Conservation: Principles, Dilemmas and Uncomfortable Truths*, s.47-59, Butterworth - Heinemann, Elsevier, UK

Novikov A. M., & D. A. Novikov, 2013, *Research Methodology; From Philosophy of Science to Research Design*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York & Leiden

Roberts, B., C. Verheyen, W. S. Ginell, S. Derelian, L. Krowech, T. Longyear, B. Milliam, L. Strauss, D. Silguero, R. Tank & J. L. Greaves, "An Account of the Conservation and Preservation Procedures Following a Fire at the Huntington Library and Art Gallery", i *Journal of the American Insitute for Conservation*, Volume 27. Number 1, (spring 1988) s. 1-31, Maney Publishing on the behalf of the American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, [online] <http://www.jstor.org/stable/3179758>, tilgjengelig 20.11.2013

Russell, R., & K. Winkworth, 2009, *Significance<sup>2.0</sup> a guide to assessing the significance of collections*, Collections Council of Australia Ltd. Australia

Rutledge, S. K., B. A. Banks, V. A. Chichernea & C. A. Haytas, 2000, "Cleaning of Fire Damaged Watercolor and Textiles Using Atomic Oxygen", s.1-10, i *Prepared for the 18<sup>th</sup> International Congress of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, sponsored by the International Institute for Conservation Melbourne, Australia, October 10-14, 2000, NASA/TM - 2000-210335*, National Aeronautics and Space Administration, Glenn Research Center

Sandu, I. C. A., T. Busani, M. H. de Sá, 2011, "The surface behavior of gilding layer imitations on polychrome artefacts of cultural heritage", i *Surface and interface analysis*, volume 43, Issue 8, s.1171-1181, John Wiley & Sons Ltd. [online] <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sia.3796/abstract>, tilgjengelig 17.11.2013.

Shashoua, Y. 1996, "Investigation into the Effects of Cleaning Old, Dyed, Naturally Solid Textiles by Aqueous Immersion", i red. Bridgland, J., *11<sup>th</sup> Triennial Meeting Edinburgh 1-6 September 1996*, s.714-720, Preprints Volume II, ICOM Committee for conservation, James & James, London

Sherman, J., B. Chin, P. D. T. Huibers, R. Garcia-Valls & T. Alan, 1998, "Solvent Replacement for Green Processing", i *Environmental Health Perspectives*, Vol. 106, Supplement 1 (Feb. 1998), s. 253-271, Borgan & Partnes, [online] <http://www.jstor.org/stable/3433925>, tilgjengelig 4.12.2013

Silverman, R. H., 2008, "Fire and ice: a soot removal technique using dry ice blasting", i *Archival Products News*, Volume 15, Number 3, s.1-8, Archival Products

Snethlage, R. & K. Sterflinger, 2011, "7, Stone Conservation", i red. Siegesmund, S., & R. Snethlage, *Stone in Architecture: Properties, Durability*, 4.utg. Springer, Berlin, Heidelberg

Spafford-Ricci, S., & F. Graham, 1993, "Fire Recovery at the Saskatchewan Museum of Natural History: Part II, Post - Disaster Cleanup and soot removal", i red. J. Bridgland, *10<sup>th</sup> Triennial Meeting Washington, DC, USA, 22-27 August 1993*, s.420-426, Preprints Volume I, ICOM Committee for conservation, James & James (Science Publishers) Ltd., London.

Spafford-Ricci, S., & F. Graham, 2000a, "The fire at the Royal Saskatchewan museum, part 2: removal of soot from artifacts and recovery of the building", *Journal of the American Institute for Conservation*, volume 39, Number 1, Article 3, s.1-4 [online] [http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic39-01-003\\_3.html](http://cool.conservation-us.org/jaic/articles/jaic39-01-003_3.html), tilgjengelig 27.12.2013.

Spafford-Ricci S., & F. Graham, 2000b, "The fire at the Royal Saskatchewan museum, part 2: removal of soot from artifacts and recovery of the building", *Journal of the American Institute for Conservation*, Volume 39, Number 1, *Disaster Preparedness, Response and Recovery (spring 2000)*, s.37-56, Maney Publishing on behalf of the American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, [online] <http://www.jstor.org/stable/3179962> tilgjengelig 20.11.2013

Stovel, H. 1998, *Risk preparedness: A Management Manual for World Cultural Heritage*, International Center for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property, Rome

Stuart, B. 2007, *Analytical techniques in materials conservation*, John Wiley & Sons, Ltd, England

Suzuki, S., K. Kuwana, R. Dobashi, 2009, "Effect of particle morphology on thermophoretic velocity of aggregated soot particles", i *International Journal of Heat and Mass Transfer* 52, s.4695 - 4700, Elsevier, Ltd. Science Direct [online]  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931009003421>, tilgjengelig 16.8.2013.

Taube, M., A. Rischel, M. Ringgaard, 2012, "Use of low vacuum scanning electron microscopy to study the morphology and degradation of organic materials", i red. N. Meeks, C. Cortwright, A. Meek, A. Mongiatti, *Historical technology, materials, and conservation: SEM and microanalysis*, s.202-203, Archetype publications in association with the British museum, London

Tello, H., A. Unger, F. Gockel, E. Jelen, 2005, "Decontamination of ethnological objects with supercritical carbon dioxide", i red. I. Vegrer, *14<sup>th</sup> triennial Meeting the Hauge 12 - 16 sept. 2005*, ICOM committee for conservation, Preprints volume I, s. 110 - 119, James & James (Science Publishers) Ltd., London

Tello, H. & A. Unger, 2010, "Liquid and supercritical carbon dioxide as a cleaning and decontamination agent for ethnographic materials and objects", i red. Charola, A. E., & R. J. Koestler, *Pesticide mitigation in museum collections: science in conservation*, s.35 - 50, Proceedings from the MCI workshop series, Smithsonian contributions to museum conservation, number 1. Smithsonian Institution scholarly press, Washington D.C.

The American Society for Testing Materials (ASTM) international, 1999, "Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (strip Method); D5035-95, i *1999 Annual books of ASTM standards, textiles, includes standards of the following committee: D-13 on textiles*, s.673-679, ASTM

Tétreault, J. 2003, "Key Airborne Pollutants", i *Airborne Pollutants in Museum, Galleries, and Archives; Risk assessment Control Strategies, and preservation Management*. Canadian Conservation Institute, Ottawa

Teule, J. M., U. Ullenius, I. Larsson, W. Hesterman, O. F. van der Brink, R. M. A. Heeren, V. Zafiropulos, 2002, "Controlled laser cleaning of fire-damaged paintings", i red. R. Vontobel, *13<sup>th</sup> Triennial Meeting Rod de Janeiro, 22-27 September 2002*, ICOM committee for conservation, Preprints Volume I, James & James (Science Publishers) Ltd., London

Tímár-Balázs, Á., 1999, "Drying behavior of fibers", i Bridgland, J. *12<sup>th</sup> Triennial Meeting Lyon, 29 August - 3 September 1999*, Preprints Volume II, s. 661-666, ICOM committee for conservation, James & James (Science Publishers) Ltd., London

Tímár - Balázs, Á., & D. Eastop, 1998, *Chemical principles of Textile Conservation*, Butterworth - Heinemann Publishers, Oxford, United Kingdom

Tímár- Balázs, Á., & G. Mátéfy, 1993, "Effect of Stains and Stain Removal on Historical Textiles", i J. Bridgland, *10<sup>th</sup> Triennial Meeting Washington, DC, USA, 22-27 August 1993*, Preprints Volume I, s.330-335, ICOM committee for conservation, James & James (Science Publishers) Ltd., London

Tse, S., 2007, "Guidelines for pH measurement in conservation", *Technical Bulletin 28*, Canadian Conservation Institute, Canada

Unger, A., P. Schniewind, W. Unger, 2001, *Conservation of wood Artifacts: A handbook*, Springer

University of Glasgow, *Search Results for Enlighten and Theses*, [online]  
[http://www.lib.gla.ac.uk/enlighten/search/results.html?cx=008133519044995412890%3Ai9xbikqzcrc&cof=FORID%3A9&ie=UTF-8&q=textile+conservation&sa=Search&siteurl=www.lib.gla.ac.uk%2Fenlighten%2Fsearch%2F&ref=eprints.gla.ac.uk%2Fcgi%2Fsearch%2Fsimple%3Fq%3Dtextile%2Bconservation%26\\_acti](http://www.lib.gla.ac.uk/enlighten/search/results.html?cx=008133519044995412890%3Ai9xbikqzcrc&cof=FORID%3A9&ie=UTF-8&q=textile+conservation&sa=Search&siteurl=www.lib.gla.ac.uk%2Fenlighten%2Fsearch%2F&ref=eprints.gla.ac.uk%2Fcgi%2Fsearch%2Fsimple%3Fq%3Dtextile%2Bconservation%26_acti)

[on\\_search%3DSearch%26\\_action\\_search%3DSearch%26\\_order%3Dbytitle%26basic\\_srctype%3DALL%26\\_satisfyall%3DALL&ss=1431j415545j8](#), tilgjengelig 23.11.2013

Van der Molen, R., I. Joosten, T. Beentjes, L. Megens, 2011, "Dry ice blasting for the conservation cleaning of metals", i red. Hull, P., *Metal 2010: proceedings of the interim meeting of the ICOM-CC Metal Working Group, October 11-15, 2010, South Carolina, USA*, s.135-143, Clemson University, South Carolina

Von Ulmann, A., 2003, "Non polluting removal of pesticides from historic textiles - a project at the Germanisches Nationalmuseum Nürnberg and the Deutsche Bundesstiftung Umwelt (1999-2001)", in *Cultural Heritage Research: A Pan-European Challenge, Proceedings of the 5th European Conference on Research for Protection, Conservation and Enhancement of Cultural Heritage, Cracow, Poland, 16 – 18 May 2002*, ed. R. Kozłowski, Polish Academy of Sciences, Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Cracow (2003) 334-336.

Vuori, J. & S. Tse, 2004, "A Preliminary Study of a Micro Extraction Method for Measuring the pH of Textiles", i *ICOM-CC Interim Meeting Recent Preoccupations with textiles, Leather, and Legislation*, s.4-15, Newsletter working group textiles, ISSN, Number 19, (January 2004), ICOM committee for conservation

VWR (Van Water Rogers), 2005, HMS-datablad; mineralterpentin (Stoddard solvent), [online] [https://no.vwr.com/msds/no\\_msds/00003135.pdf](https://no.vwr.com/msds/no_msds/00003135.pdf), tilgjengelig 12.11.2013.

Wylie, A., & P. Singer, 1997, "The resurrection of the Uppark State Bed", i red. K. Marko, *Textiles in Trust, Proceedings of the Symposium 'Textiles in Trust' held at Blickling Hall Norfolk, September 1995*, s.118-127, Archetype Publications in association with the National Trust, London

Zimmt, W. S., N. Odegaard, T. K. Moreno, R. A. Turner, M. R. Riley, B. Xie, & A. J. Muscat, 2010a, "Pesticide extraction studies using supercritical carbon dioxide", red. Charola, A. E., & R. J. Koestler, *Pesticide mitigation in museum collections: science in conservation*, s. 52-59, Proceedings from the MCI workshop series, Smithsonian contributions to museum conservation, number 1. Smithsonian Institution scholarly press, Washington D.C.

Zimmt, W. S., N. Odegaard, D. R. Smith, 2010b, " The potential for adapting some cleaning methodologies to pesticide removal from museum objects", red. Charola, A. E., & R. J. Koestler, *Pesticide mitigation in museum collections: science in conservation*, s. 59-63, Proceedings from the MCI workshop series, Smithsonian contributions to museum conservation, number 1. Smithsonian Institution scholarly press, Washington D.C.



## Indeks - ordforklaring

---

(Henvisningene gjøres til sider i teksten som forklarer ordet).

$E\Delta^*a$ , s.45

$E\Delta^*b$ ,s.45

fast CO<sub>2</sub>blåsing, s.5

kolorimetrianalyse, s.15, 38, 39

makronivå, s.5

mikronivå,s.5

PH- analyse,s.16, 40

SCI, s.15

SEM-EDS topografi, s.15, 38

Strekkestyrketest, s. 16, 39, 40

Tekstil fra en museumskontekst, s.5

tørr mekanisk rensemetode, s.5

varmeskade, s.25, 26, 42

## **Vedlegg 1. Tiltakt for sikring av Helse, Miljø og Sikkerhet (HMS) under de praktiske eksperimentene i oppgaven**

### *Tiltakt for sikring av HMS håndtering av sot på tekstilmateriale*

Sotpartikler er definert som potensiell helseskadelig gjennom innhalasjon og er irriterende for øyne og slimhinner i nese og svelg (McManus 2007:6). Sotpartikler varierer i størrelse med en diameter på 2,5µm eller mindre. Partikler som er mindre enn 4 - 10µm defineres som helseskadelig å inhalere på grunn av de kan trenge dypt ned i lungevevet (Hånes og Låg 2013). Polysykliske aromatiske hydrokarboner (HAP), klorinerte dibenzofurans, og dibenzodioxins oppstår ofte i en ukontrollert og delvis kontrollert forbrenning som kan være giftige å inhalere samt medføre en risiko for eksponering av kreftfremkallende stoffer (world health organization international agency for research on cancer 1999:419-420 og McManus 2007:5og6).

I de praktiske eksperimentene i oppgaven tilrettelegges sikker håndtering av sotforurenset tekstilmaterialet, samt forhindre spredning og forurensing av sot i omgivelser rundt arbeidssted. For å forhindre spredning av sotpartikler i transporten fra brannstasjonen samt oppbevaring på laboratorium, oppbevares det sotdekte tekstilmaterialet i tette plastesker som igjen var satt i lukkede søplesekker. Silkepapir som mellomleggspapir forhindret avsmittning av sot mellom de ulike tekstilprøvene.

Det anbefales innen restverdiredningsarbeid i innelukkede miljøer med sotskader å benytte; engangsdress, engangsskovertrekk, nitrilhansker samt heldekkende maske med HEPA FFP3 filter eller anbefalt PAPRs (Power Air Purifying Respirator) (McManus 2007:7). Alle åpninger bør teipes igjen for å få en fullstendig tett klessdrakt (McManus 2007:7). I de praktiske eksperimentene i denne oppgaven ble i hovedsak dokumentering og rensing utført utendørs, som forhindret kontaminering av innendørsmiljø og gav jevn lufttilførsel der sotpartikler blåses vekk. Omfanget av sot på prøvene vil være lite i forhold til inne i et innelukket miljø. Det ble dermed valgt å bruke et noe enklere utstyr. Under all håndtering av materialet benyttes: maske med HEPA FFP3 filter, labfrakk samt engangshansker. Noe rensearbeid måtte utføres innendørs i laboratoriet, støvsuging og sotsvamp. I dette tilfellet ble det designet et lite vernetelt, som gir et forseglet miljø med avtrekk avskilt fra personen som jobber med materialet (se fig.50ogfig.51, s.83).

Verneteltet settes inn i avtrekksskapet som gir avsug. Dette verneteltet er konstruert av en garderobepose i polyesterstoff som er beregnet på å holde fine støvpartikler ute.

Garderobeposen trekkes rundt en bambusramme, som gir den ønskelige fasongen. En glidelås i den ene siden som gjør det mulig å ta ut og inn en eske av gangen og lukke godt igjen før esken åpnes. Et lite vindu i klar plast gjør det mulig å se inn. To gummihansker som klippes det hull til og teipes fast slik at det blir tett rundt hanskene (se fig.50-51). Dette gjør det mulig å arbeide inne i teltet uten å behøve å være i samme rom som sot partiklene. Et hull som støvsugerslangen kan akkurat settes inn klippes til (fig.51). Mellom hver tekstilprøver støvsuger gulv og vegger i teltet på svak styrke for å fjerne avsatt sotpartikler. Silkepapir i bunn av teltet skiftes ut mellom hver prøve, og legges i tett plastpose før teltet åpnes. Over gummihanskene ble engangshansker benyttet som skiftes mellom hver tekstilprøve for å forhindre forurensing mellom prøvene.



Fig.50, Rensetelt ferdig konstruert

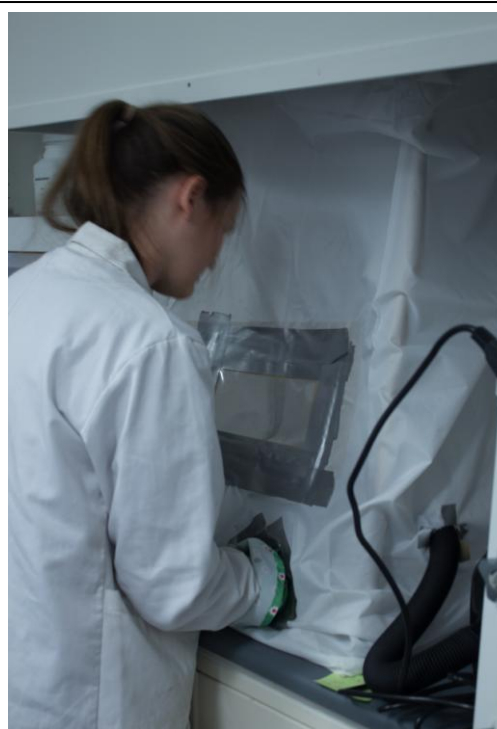


Fig.51, Renseteltet i bruk, støvsugerslangen vises går inn i teltet på den ene kortsiden.

### *Helse, miljø og sikkerhet for håndtering og bruk av tørris*

Fast tørris medfører to ulike helserisikoer; frostskafer samt forgiftning ved innånding i store konsentrasjoner. Fast karbondioksid innehar en temperatur på minus 78,9 grader. Ved direkte kontakt med bar hud vil dette kunne medføre en umiddelbar forfrysningsskade, sammen med påføring i trykk kan kontakt med strålen av fast karbondioksid påføre store skader (Cryo Technics, 2010:5).

I de praktiske eksperimentene i denne oppgaven vil all tørrisblåsing utføres utendørs for god ventilasjon for CO<sub>2</sub> gassen. Forholdsregler ble tatt ved at kun en person utfører tørrisblåsing, ved bruk av assistent, skal det forsikres denne personen er på god avstand under CO<sub>2</sub> blåsing, for å forhindre risiko for skader på andre personer tilstede. Fra arbeidsmanualen for CryoMidi Plus apparatet er det anbefalt verneutstyr som ble benyttet (Cryo Technics, 2010:8). Heldekkende dress benyttes med gummierte tykke vernesko. I tillegg benyttes alltid vernebriller, hørselvern samt støvmaske med filter. Det ble brukt tykke hansker i skinn for å isolere mot kulden under hele forsøket av den som utførte blåsing, på grunn av kulden fra munnstykket på CO<sub>2</sub> apparatet. Det ble brukt en plastskuffe til å overføre pellets fra oppbevaring til apparat.

---

### **Referanseliste**

Cryo Technics, 2010, *Operations Manual for the CRYOMIDI PLUS!® Pneumatic dry ice blasting machine*, Cryo Technics, Nederland

McManus, N. 2007, "Where there`s Fire, There`s Soot and Smoke and..." i *Cleaning & Restoration* 3, May 2007, [www.restorationindustry.org](http://www.restorationindustry.org)., [online]  
<http://www.nwohs.com/FireScenesMay07C&R.pdf>, tilgjengelig 26.12.2013

world health organization international agency for research on cancer, 1999, *WORLD HEALTH ORGANIZATION INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs, Volumes 1 to 42, Supplement 7*, s. 419-420, *WORLD HEALTH ORGANIZATION INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER* [online]  
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/suppl7/suppl7.pdf>, tilgjengelig 26.12.2013

## Vedlegg 2, tabelloversikt over de todimensjonale tekstilprøvene organisert etter soteprosessen

Like mange ullfiltprøver som i de andre tekstilmaterialene ble dokumentert og organisert. Dessverre gikk disse prøvene tapt i soteprosessen og vil ikke tas med i denne tabellen da de ikke benyttes i eksperimentene.

Fig.52, Tabell 1. Oversikt over organisering av todimensjonale prøver <i>etter</i> sooting			
Rensemetode	Rød bomull -kode	Blå bomull - kode	Ull (hvit) - kode
Fast CO <sub>2</sub> blåsing	Prøve 1 (1T1) sort**	Prøve 1 (1T1) mørk brun ***- sort	Prøve 1 (1T1) gul + brun****
Fast CO <sub>2</sub> blåsing	Prøve 2 (1T2) sort	Prøve 2 (1SV2) mørk brun	Prøve 2 (2I1) lett sotet
Fast CO <sub>2</sub> blåsing	Prøve 3 (2I1) lett sotet	Prøve 3 (2I3) Lett sotet	Prøve 3 (1T3) gul + mørk brun
Fast CO <sub>2</sub> blåsing	Testprøve (1P1) sort	- (brant opp)	Testprøve (1P1) gul + brun
Støvsuger og sotsvamp	Prøve 1 (1SH1) sort	Prøve 1 (1SH1) sort	Prøve 1 (1SH1) gul + brun
Støvsuger og sotsvamp	Prøve 2 (1SH2) sort	Prøve 2 (1SH2) lett sotet	Prøve 2 (1SH2) lys gul + brun
Støvsuger og sotsvamp	Prøve 3 (2I2) lett sotet	Prøve 3 (1SH3) lett sotet	Prøve 3 (1SH3) lys gul + brun
Trykkluft	Prøve 1 (1T3) Sort	Prøve 1 (2I1) Lett sotet	Prøve 1 (1T2) gul + brun
Trykkluft	Prøve 2 (1SH3) sort	Prøve 2 (2I2) mørk brun	Prøve 2 (1SV3) brun + mørk brun
Trykkluft	Prøve 3 (2I3) lett sotet	Prøve 3 (1P1) Mørk brun -sort	Prøve 3 (2I3) lett sotet
Fast CO <sub>2</sub> blåsing (ikke sotet)	Prøve 1	Prøve 1	Prøve 1
Kontrollprøve (ikke sotet)	Prøve 1	Prøve 1	Prøve 1
Total antall: 35	12	11	12

\* Disse prøvene gikk tapt i soteprosessen, se kapittel 2.2.

\*\* sort - stekt sotet og varmeskadet, \*\*\*mørk brun - middels sotet, \*\*\*\* gul + brun indikerer fargen etter sooting

### Vedlegg 3. Tekstilmaterialenes teknologiinformasjon

Fig.53, Tabell 2. Rød bomullsprøvenes teknologiske oppbygning	
Tidligere bruk og opprinnelse	Innkjøp på 1970-tallet, merket som anorakkstoff. Oppbevart mørkt og tørt siden innkjøpsdato.
Veveteknikk	høyrehånds twill - veveteknikk; firetråder over og en tråd under renning med innslag (Cohen & Johnson 2012:99)
Veveteknikk jarekant	vevet med to tråder over og under i både renning og innslag
Trådtetthet per 1 cm	19 tråder x 29 tråder
Trådykkelse	Innslag 0,025 millimeter og tykkere enn innslagstråd.
Antall fibre per tråd	Mer enn 100 fibre i 1 tråd
Spinneretning innslag	Z- spunnet
Spinneretning renning	Z-spunnet
Fargeprosessen	Mikroskopianalyse viser fibermaterialet er farget deretter vevd da enkeltfibre har en jevn rød farge. Det er uvisst hvilke type farge og innfargningsprosess som er benyttet, men fargen er vannløselig.

Fig.54, Tabell 3. Blå bomullsprøvenes teknologiske oppbygning	
Tidligere bruk og opprinnelse	Benyttet som gardin i sørvendt vindu i 20 år deretter oppbevart mørkt i 10 år.
Veveteknikk	enkel veveteknikk, med en tråd over og en tråd under hverandre i renning og innslag
Veveteknikk jarekant	Ingen bevart jarekant
Tykkelse på tekstilet	Gjennomsnittelig på 0,015cm
Trådtetthet per 1 cm	25 tråder vertikalt parallelt med stripene i mønsteret og 27 tråder horisontalt.
Antall fiber per tråd	Over 100 fibre i en tråd
Spinneretning innslag	Z - spunnet
Spinneretning renning	Z - spunnet
Fargeprosess	Trolig er farge og motiv trykket på overflaten av tekstilet, da fargene og mønsteret er kun synlig på en side. Fiberanalyse fra den blåfargede overflaten viste fibret ikke var fullstendig gjennomfarget. Fargen er ikke løselig i vann.

Fig.55, Tabell 4. Ullprøvenes teknologiske oppbygning	
Tidligere bruk og opprinnelse	Garnet er kjøpt inn på 1980-tallet, oppbevart mørkt og tørt frem til 2013 da det ble strikket til prøvelapper
Strikketeknikk	Glattstrikk (utført 2013), vanlig opplegg på 25 masker og avfellingsteknikk
Strikkefasthet	Per 10 cm er det 16 masker
Identifisert som kamgarn	Kamgarn innebærer en prosess etter karding der fibre kjemmes til å orienteres parallelt, korte fibre samt urenheter fjernes, dette gjøres før spinning (Cook 1993:93-94).
Spinneretning og oppbygning av en tråd	Hver fiberbunt er i liten grad spunnet rundt seg selv og det er ikke mulig å se noen orientering på spinneretning. To og to bunter med fibre er spunnet ved å tvinne disse sammen rundt hverandre i en S retning. Fire bunter av disse fiberbuntene som er spunnet to og to er igjen spunnet/tvinnet sammen i Z retning og utgjør tråden.
trådykkelse	Gjennomsnittelig på 0,2cm
Tykkelse på tekstilet	gjennomsnittelig på 1,5millimeter
Antall fibre per tråd	Over 100 fibre over per tråd

Fig.56, Tabell 5. Kåpens teknologiske oppbygning	
Tidligere bruk og opprinnelse	Trolig produsert i 1980-1990-tallet, innkjøpt på denne tiden og brukt noen vintersesonger. Hengt vekk, mørk og tørt til dags dato.
Veveteknikk	enkel veveteknikk, med en tråd over og en tråd under hverandre i renning og innslag (både yttertekstil og fôret)
Fasong	A-fasong, med raglans ermer, hette, to lommer på fremsiden av tekstilet, fem knapper til å lukke kåpen foran.
materiale	Yttertekstilet: 40% akryl, 25% ull, 35% diverse fibre, fôret: 100% polyester
Antall fiber per tråd	Over 100 fibre i tråd (ytterstoff)
Fargeprosess	Trolig er trådene farget før tilvirkning, da fibrene er gjennomfarget både på yttertekstil og fôret. Fargen er ikke løselig i vann.

**Vedlegg 4. Foto av utvalgte (både sterkt og lett sotet) tekstilprøvers forside: utgangspunkt, etter sooting og etter rens**

Først vises utvalgte representative foto av prøver renset med fast CO<sub>2</sub>blåsing og støvsuger med sotsvamp og trykkluft. For å begrense antall foto, vises kun foto *etter rens* for støvsuger og sotsvamp samt trykkluft. Det vektlegges å vise før og etter rens for de fast CO<sub>2</sub>blåste prøvene, da det er denne metoden oppgaven fokuserer på. Forklaring for støvsuger og sotsvamp foto, er prøven til venstre: kun støvsuget, delen til høyre: støvsuget og sotsvampet.




		
Fig.57, Utgangspunkt, rød bomull, før sooting	Fig.58, Utgangspunkt, blå bomull, før sooting	Fig.59, Utgangspunkt, ull, før sooting

		
Fig.60, Rød bomull, lett sotet før rens	Fig.61, Rød bomull, lett sotet etter rens CO <sub>2</sub> blåst	Fig.62, Rød bomull, lett sotet etter rens støvsuger og sotsvamp
		
Fig.63, Rød bomull, sterkt sotet før rens	Fig.64, Rød bomull, sterkt sotet etter rens CO <sub>2</sub> blåst	Fig.65, Rød bomull, sterkt sotet etter rens støvsuger og sotsvamp



		
<p>Fig.66, Blå bomull, lett sotet, før rens</p>	<p>Fig.67, Blå bomull lett sotet, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst</p>	<p>Fig.68, Blå bomull lett sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp</p>
		
<p>Fig.69, Blå bomull sterkt sotet, før rens</p>	<p>Fig.70, Blå bomull sterkt sotet, etter rens, CO<sub>2</sub> blåst</p>	<p>Fig.71, Blå bomull sterkt sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp</p>
		
<p>Fig.72, Ull, lett sotet, før rens</p>	<p>Fig.73, Ull, lett sotet etter rens, CO<sub>2</sub> blåst</p>	<p>Fig.74, Ull, lett sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp (obs, før rens var prøven noe gulere enn fig.67)</p>

		
<p>Fig.75, Ull, sterkt sotet, før rens</p>	<p>Fig.76, Ull, sterkt sotet etter rens, CO<sub>2</sub> blåst</p>	<p>Fig.77, Ull, sterkt sotet, etter rens, støvsuger og sotsvamp</p>
		
<p>Fig.78, Rød bomull, lett sotet, etter rens trykkluft</p>	<p>Fig.79, Blå bomull, lett sotet, etter rens, trykkluft</p>	<p>Fig.80, Ull, lett sotet, etter rens, trykkluft</p>
		
<p>Fig.81, Rød bomull, sterkt sotet, etter rens, trykkluft</p>	<p>Fig.82, Blå bomull, sterkt/middel sotet, etter rens, trykkluft</p>	<p>Fig.83, Ull, sterkt sotet, etter rens, trykkluft</p>

## Vedlegg 5. Utvalgte foto av kåpen i renseprosessen



Fig.84, Kåpen utgangspunkt, før soting forside



Fig.85, Kåpen utgangspunkt, før soting, bakside





Fig.86, Kåpen, etter soting før rens, forsiden



Fig.87, Kåpen, etter soting før rens, baksiden



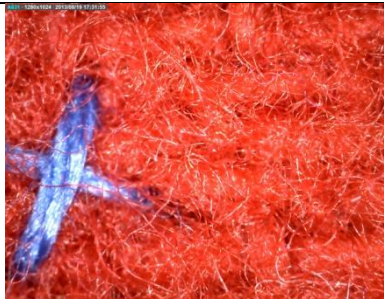

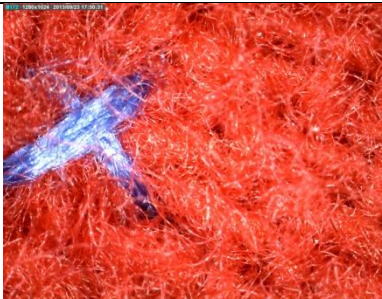




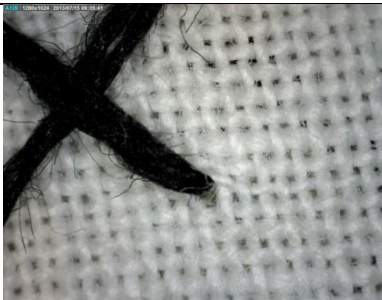

Fig.88, Kåpen, etter rens, forsiden



Fig.89, Kåpen, etter rens, baksiden

## Vedlegg 6. Utvalgte mikrofotografi bilder

Utvalgte mikrofoto vises fra kåpen og representative tekstilprøver fra de tre ulike tekstilmaterialene, som er renset med: fast CO<sub>2</sub>blåsing, støvsuget og sotsvampet samt trykkluftblåst. For å begrense antall foto, vises kun foto *etter* rens for støvsuger og sotsvamp samt trykkluft. Det vektlegges å vise før og etter rens for de fast CO<sub>2</sub>blåste prøvene, da det er denne metoden oppgaven fokuserer på. Det vises kun foto med 50 gangers forstørrelse for både lett og sterkt sotet prøver, tatt fra et av kryssene på representative prøver som visuelt representerer helheten på prøven. Foto er også utført på 250 ganger forstørrelse, men trykkes ikke for plassbegrensing. Heller ikke foto av kun støvsuger vises da det er i liten grad forskjell fra støvsuger og sotsvamp prøvene.

		
Fig.90, Kåpe yttertekstil, utgangspunkt x 50	Fig.91, Kåpe yttertekstil, før rens X 50	Fig.92, Kåpe yttertekstil, etter rens x 50
		
Fig.93, Kåpe fôret, utgangspunkt x50	Fig.94, Kåpe fôret, før rens, x50	Fig.95, Kåpe fôret, etter rens, x50
		
Fig.96, Rød bomull, utgangspunkt før sotingX50	Fig.97, Blå bomull, Utgangspunkt, Før soting, x50	Fig.98, Ull, utgangspunkt, før soting x50















		
Fig.99, Rød bomull, lett sotet, x50 førrens	Fig.100, Rød bomull, etterrens, CO <sub>2</sub> blåst, lett sotet, x50	Fig.101, Rød bomull, etterrens, støvsuger og sotsvamp, lett sotet, x50
		
Fig.102, Rød bomull, sterkt sotet, x50 førrens	Fig.103, Rød bomull, etterrens, CO <sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50	Fig.104, Rød bomull, etterrens, støvsuger og sotsvamp, sterkt sotet, x50
		
Fig.105, Blå bomull, CO <sub>2</sub> blåst, lett sotet, x50 førrens	Fig.106, Blå bomull, etterrens, CO <sub>2</sub> blåst, lett sotet, x50	Fig.107, Blå bomull, etterrens, støvsuger og sotsvamp, lett sotet, x50
		
Fig.108, Blå bomull, CO <sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50 førrens	Fig.109, Blå bomull, etterrens, CO <sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50	Fig.110, Blå bomull, etterrens, støvsuger og sotsvamp, sterkt sotet, x50


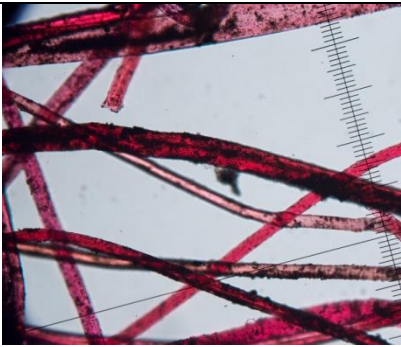
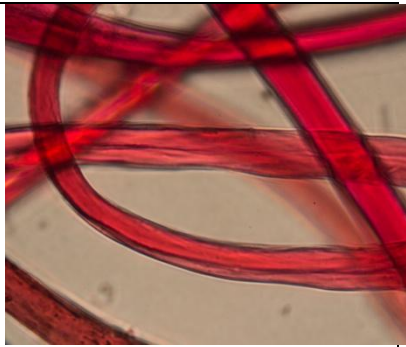

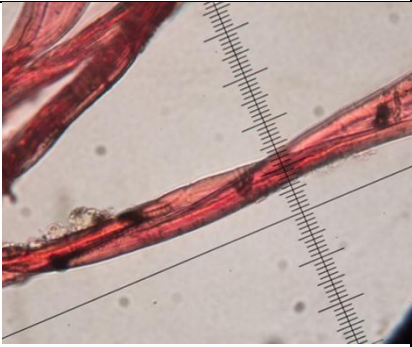
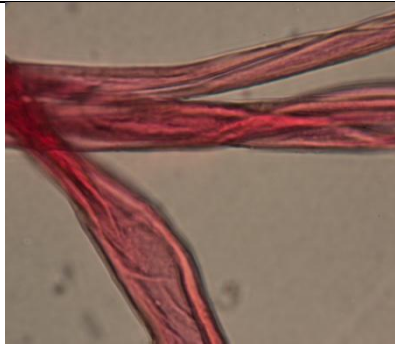
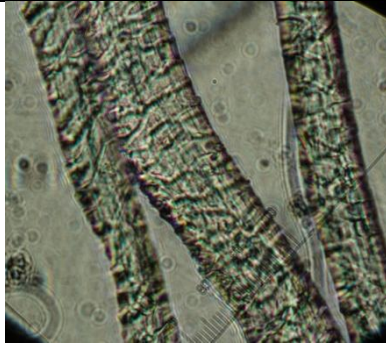
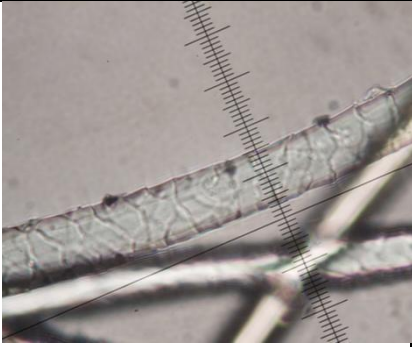
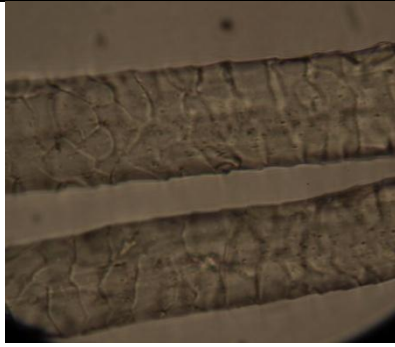


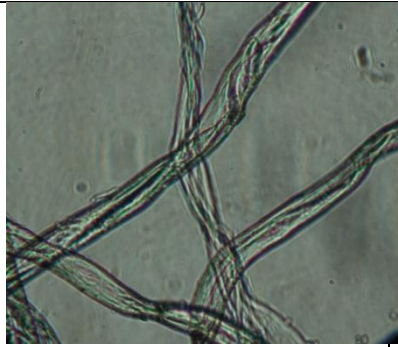
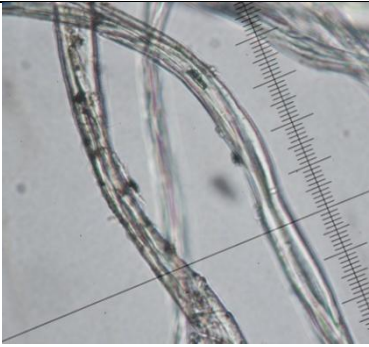
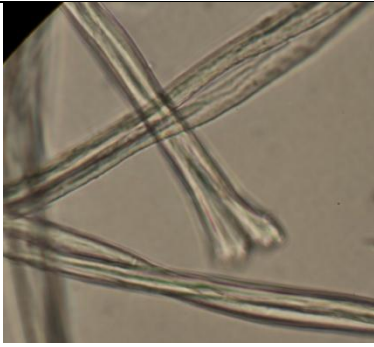



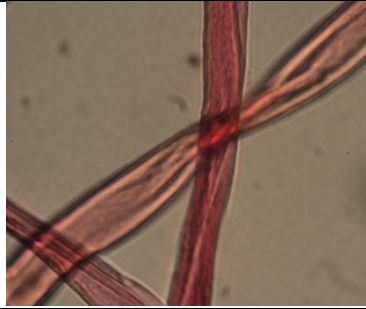


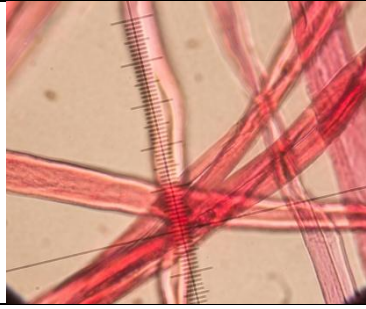
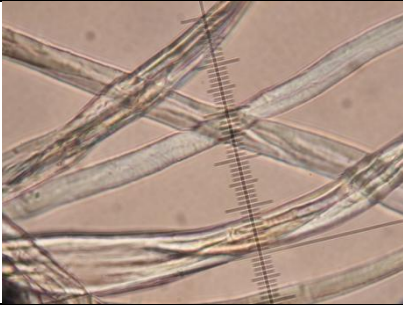

		
Fig.111, Ull, CO <sub>2</sub> blåst, lett sotet, x 50 førrens	Fig.112, Ull, etterrens, CO <sub>2</sub> blåst, lett sotet, x 50	Fig.113, Ull, etterrens, støvsuger og sotsvamp, lett sotet, x50 (obs, var noe mer gul fra soting)
		
Fig.114, Ull, CO <sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x50 førrens	Fig.115, Ull, etterrens, CO <sub>2</sub> blåst, sterkt sotet, x 50	Fig.116, Ull, etterrens, støvsuger og sotsvamp, sterkt sotet, x 50
		
Fig.117, Rød bomull, etterrens, trykkluft, lett sotet, x50	Fig.118, Blå bomull, etterrens, trykkluft, lett sotet, x50	Fig.119, Ull etterrens, trykkluft, lett sotet, x50
		
Fig.120, Rød bomull, etterrens, trykkluft, sterkt sotet, x50	Fig.121, Blå bomull, etterrens, trykkluft, sterkt/middels sotet, x50	Fig.122, Ull, etterrens, trykkluft, sterkt sotet, x50



## Vedlegg 7. Foto mikroskopianalyse av utvalgte fiberprøver og kåpen, med fokus på fast CO<sub>2</sub>blåsing

Det presenteres her utvalgte representative foto av mikroskopianalyse til fast CO<sub>2</sub>blåsing på kun 500 gangers forstørrelse, lett sotet prøver, samt kåpen. Utvalget måtte gjøres for å begrense antall foto i oppgaven. Tre sterkt sotet prøver vises. Til sist vises støvsuger og sotsvamp prøver og trykkluft prøver etter rens.

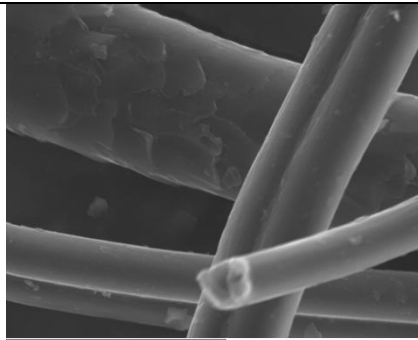
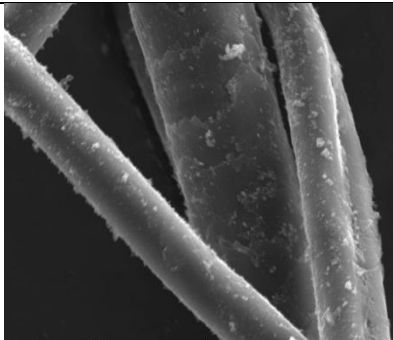
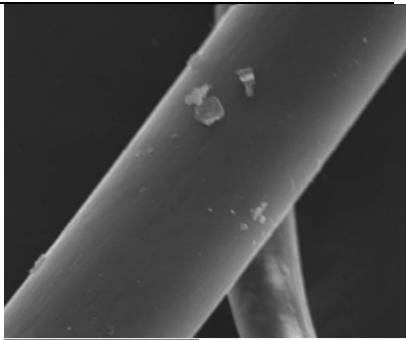
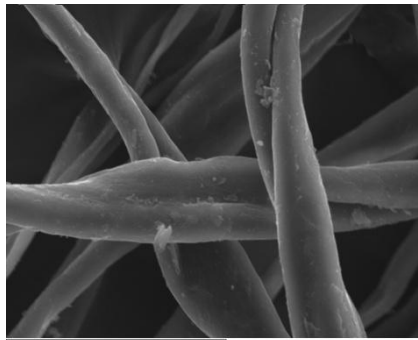
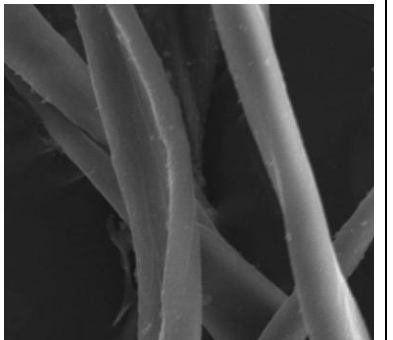
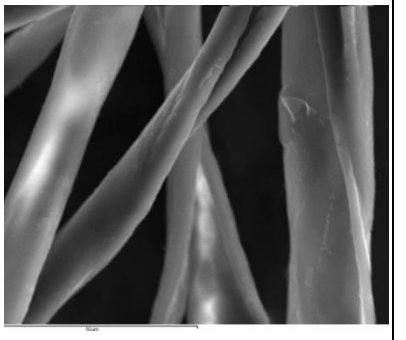
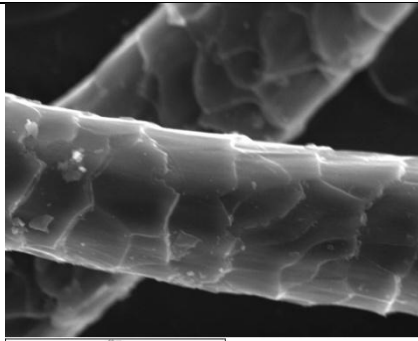
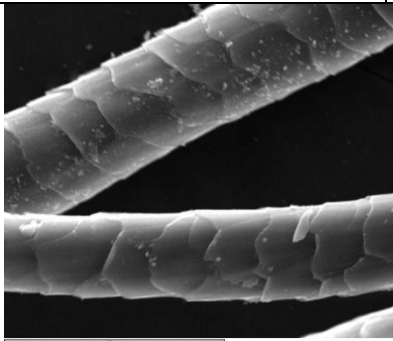
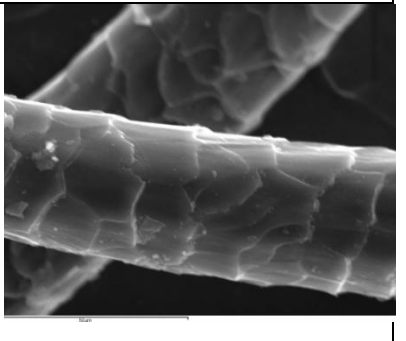
		
Fig.123, Yttertektstilet kåpe utgangspunkt X 500	Fig.124, Yttertektstil kåpe før rens X 500	Fig.125, Yttertektstil kåpe etter rens X500
		
Fig.126, Rød bomull utgangspunkt X500	Fig.127, Rød bomull lett sotet, før rens X 500	Fig.128, Rød bomull etter rens X 500
		
Fig.129, Ull utgangspunkt X500	Fig.130, Ull lett sotet, før rens X 500	Fig.131, Ull etter rens X500

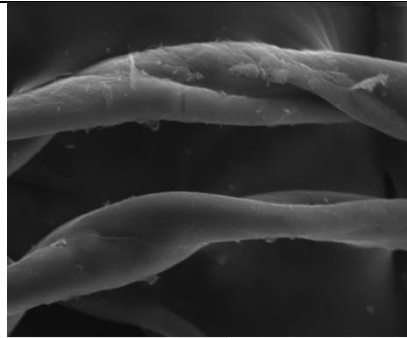
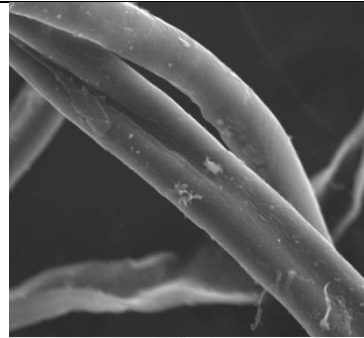
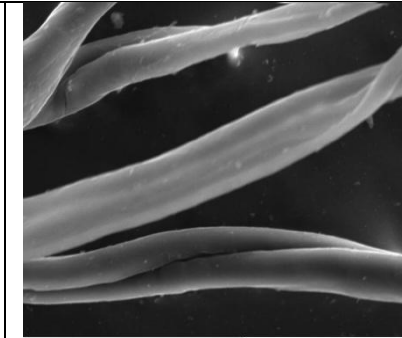
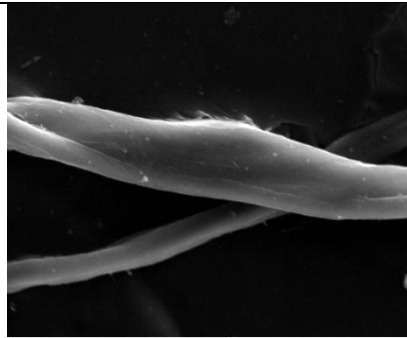
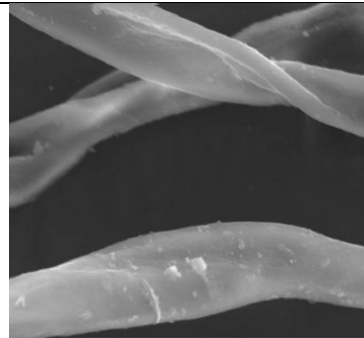
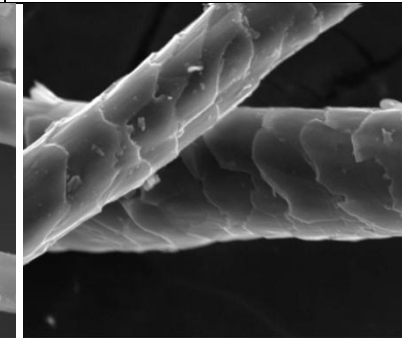
		
Fig.132, Blå bomull utgangspunkt X500	Fig.133, Blå bomull lett sotet, før rens X500	Fig.134, Blå bomull etter rens X500
		
Fig.135, Rød bomull sterkt sotet før rens x 500	Fig.136, Ull sterkt sotet før rens x 500	Fig.137, Blå bomull sterkt sotet før rens x 500
		
Fig.138, Rød bomull, etter rens, for støvsuger og sotsvamp, x500	Fig.139, Blå bomull, etter rens, for støvsuger og sotsvamp, x500	Fig.140, Ull, etter rens, for støvsuger og sotsvamp, x500
		
Fig.141, Rød bomull, etter rens, trykkluft, x500	Fig.142, Blå bomull, etter rens, trykkluft, x500	Fig.143, Ull, etter rens, trykkluft, x500



## Vedlegg 8. Utvalgte topografibilder med SEM-EDS analyse av fast CO<sub>2</sub>blåste tekstilprøver og kåpen

Det er valgt å kun presentere topografifoto tatt på x1200 av representative prøver. Det vises utgangspunkt før soting, etter soting og etter rens fra samme tekstilprøve og samme område på kåpen. Nederst vises et eksempel etter rens fra hvert tekstilmateriale *etter rens* med støvsuger og sotsvamp, dette for å begrense antall bilder. Det ble også utført topografi på x250, disse bildene er ikke presentert i oppgaven, på grunn av begrensning av bildeomfang, og ble vurdert til å vise mindre enn foto på x1200.

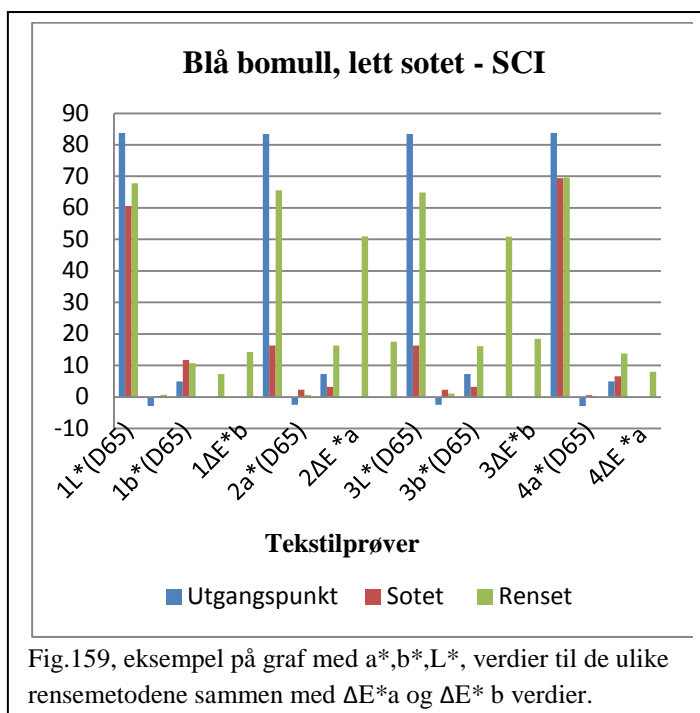
		
Fig.144, Yttertekstil kåpe utgangspunkt X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst	Fig.145, Yttertekstil kåpe etter soting X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst	Fig.146, Yttertekstil etter rens X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst
		
Fig.147, Rød bomull utgangspunkt X 1200 fast CO <sub>2</sub> blåst	Fig.148, Rød bomull etter soting X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst	Fig.149, Rød bomull etter rens X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst
		
Fig.150, Ull prøver utgangspunkt X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst	Fig.151, Ull prøver etter soting X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst	Fig.152, Ull prøver etter rens X1200 fast CO <sub>2</sub> blåst

		
<p>Fig.153, Blå bomull utgangspunkt X1200 fast CO<sub>2</sub>blåst</p>	<p>Fig.154, Blå bomull etter soting X 1200 fast CO<sub>2</sub>blåst</p>	<p>Fig.155, Blå bomull etter rens X 1200 fast CO<sub>2</sub>blåst</p>
		
<p>Fig.156, Blå bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp x1200</p>	<p>Fig.157, Rød bomull, etter rens, støvsuger og sotsvamp x1200</p>	<p>Fig.158, Ull, etter rens, støvsuger og sotsvamp x1200</p>

## Vedlegg 9. Tabeller for utvalgte verdier innen kolorimetrianalyse

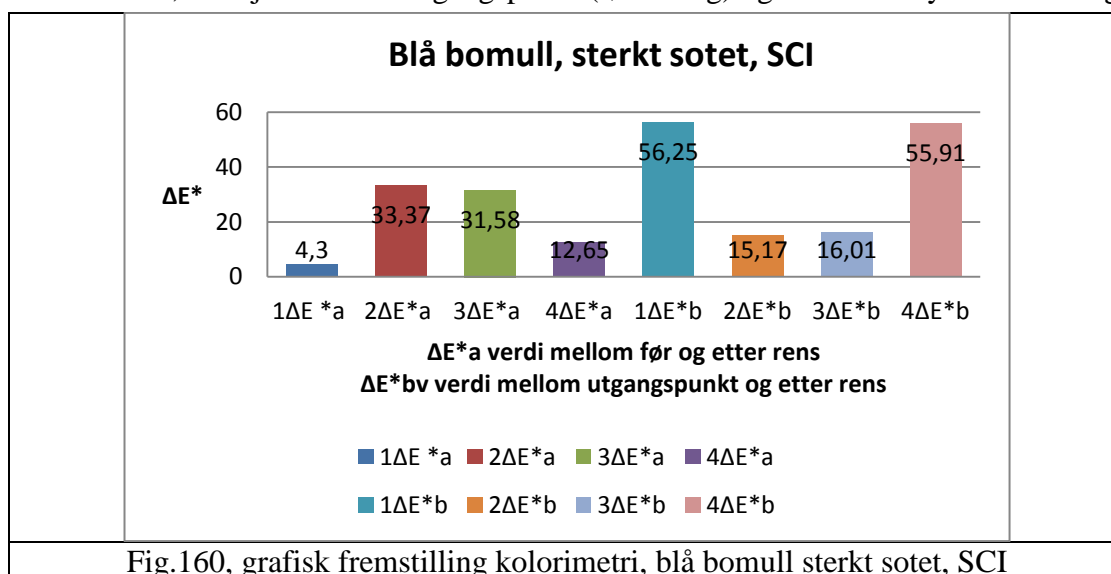
Det er valgt å kun presentere grafer som viser kun  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$  SCI verdier til de ulike rensemetodene. Til målingene ble det også laget grafer som viser forskjell  $a^*, b^*, L^*$  verdiene som  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$  ble beregnet ut fra. Det vises kun et eksempel på høyre side, på en slik graf, ellers ingen andre, da disse grafene ikke kommenteres i oppgaven.

I dette vedlegget presenteres kun sterkt sotet  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$  SCI grafer, da lett sotet  $\Delta E^*a$  og  $\Delta E^*b$  SCI grafer er presentert fortløpende i teksten, se side: 46, 47, 48.



### Forklaring til grafene under:

- $1\Delta E^*a$ , forskjell mellom før og etter rens  $\text{CO}_2$  blåsing.
- $1\Delta E^*b$ , forskjell mellom utgangspunkt (før soting) og etter rens  $\text{CO}_2$  blåsing.
- $2\Delta E^*a$ , forskjell mellom før og etter rens støvsuger
- $2\Delta E^*b$ , forskjell mellom utgangspunkt (før soting) og etter rens støvsuger
- $3\Delta E^*a$ , forskjell mellom før og etter rens støvsuger og sotsvamp
- $3\Delta E^*b$ , forskjell mellom utgangspunkt (før soting) og etter rens støvsuger og sotsvamp
- $4\Delta E^*a$ , forskjell mellom før og etter rens trykkluft blåsing
- $4\Delta E^*b$ , forskjell mellom utgangspunkt (før soting) og etter rens trykkluft blåsing



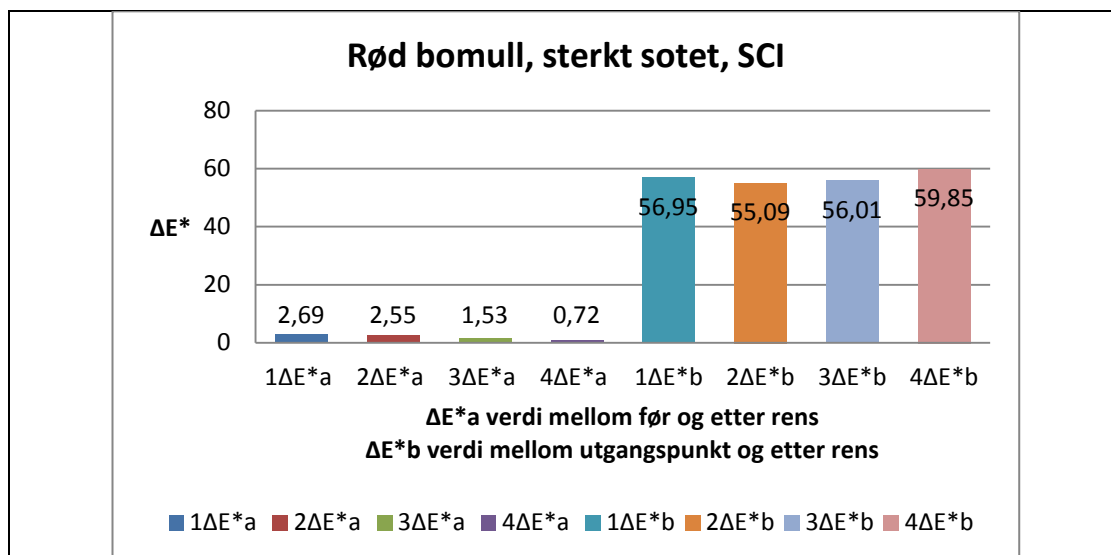


Fig.161, grafisk fremstilling kolorimetri, rød bomull, sterkt sotet, SCI

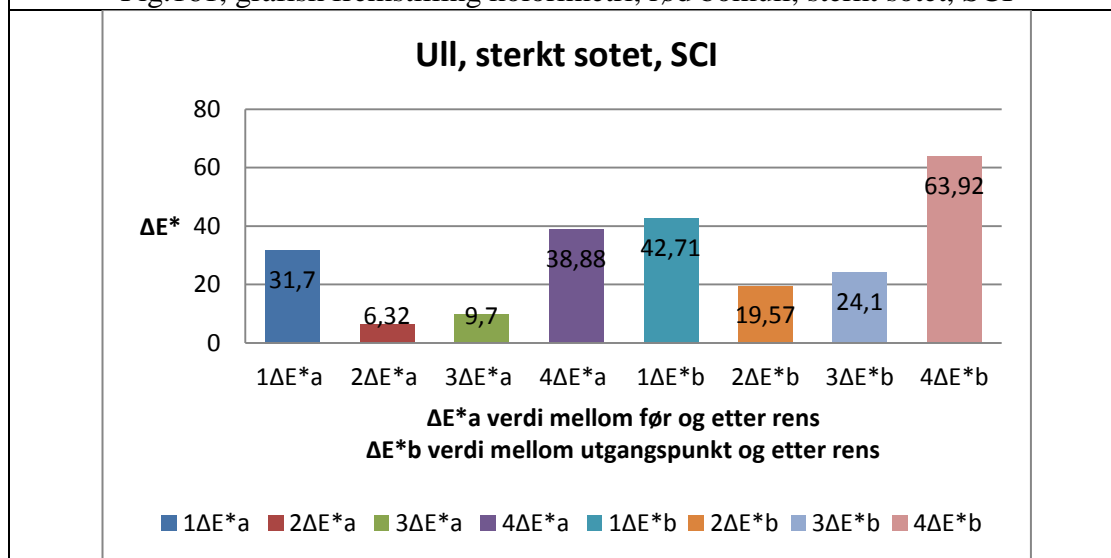


Fig.162, grafisk fremstilling kolorimetri, ull, sterkt sotet, SCI

## Vedlegg 10. PH måling av representative tekstilprøver og kåpen

Det ble tatt av prøver av tekstilprøvene ved at det ble klippet av et ca 0,5cmx 1cm stort hjørne fra hver prøve som var lett sotet fra hver metode for hver gang pH skulle måles. Det ble tatt av to prøver fra kåpen etter rens, en fra yterstoffet 3 cm over nedre knapp på fremsiden av kåpen, og en prøve fra fôret på innsiden av nedre høyre fremside. Det ble tatt prøver fra disse stedene, til alle pH målingene. Det ble ytterligere utført en ny måling etter 3 måneder både på tekstilprøvene som er rensset og deler av tekstilprøvene som er ikke rensset. Dette både for å avdekke om pH-verdien ble surere av eksponeringen av sotpartikler over tid, og om renset metodene har noen effekt på å stabilisere pH-verdien.

Fig.163, tabell 1 og 2, utgangspunkt før soting, etter soting og etter rens (målt 4 uker etter soting).							
Tabell 1. oversikt over pH målingene							
Utgangspunkt før soting							
kode	Materiale	Prøveområde	Gram	pH 1.	pH 2	pH 3	
1T1	Rød bomull	Alle hjørner	21,2mg	7,9	7,9	8,0	
1T1	Blå bomull	Alle hjørner	20,3mg	8,0	8,0	8,0	
1T1	Ull	Nedre venstre hjørne	17,1mg	6,1	6,1	6,1	
yterstoff	Kåpe	Nedre høyre side	3,9mg	8,0	8,0	8,2	
for	Kåpe	Nedre høyre side	3,9mg	7,7	7,7	7,7	
Før rens - Lett sotet tekstil og varmeskadet							
2I1	Rød bomull	Kort kant strektest	20,0mg	7,7	7,7	7,7	
2I3	Blå bomull	Kortkant strektest	20,6mg	7,6	7,7	7,7	
2I1	Ull	Nedre høyre hjørne	12,4mg	6,3	6,3	6,3	
Yterstoff	Kåpe	Nedre høyre hjørne	0,5mg	8,2	8,2	8,2	
Før rens - Sterkt sotet og varmeskadet							
1T2	Rød bomull	Kortkant strektest	19,9mg	6,4	6,3	6,3	
1T1	Blå bomull	Kortkant strektest	20,6mg	7,4	7,4	7,4	
1T1	Ull	Nedre høyre hjørne	19,3mg	5,8	5,7	5,8	
Tabell 2. Oversikt over pH målingene etter rens (tatt fire uker etter soting)							
Kode	Materiale	Metode	milligram	pH 1.	pH 2	pH 3	PH strips
Etter rens - Lett sotet tekstil og lite varmeskadet							
2I1	Rød bomull	Tørris	20,5mg	6,9	6,9	6,9	5,5-5,8
2I3	Blå bomull	Tørris	21,0mg	6,8	6,8	6,8	5,5-5,8
2I1	Ull	Tørris	14,2mg	3,6	3,7	3,7	4,4
2I2	Rød bomull	Støvsuger	21,3mg	6,8	6,8	6,9	5,5-5,8
1SH2	Blå bomull	Støvsuger	22,5mg	6,9	6,9	6,9	5,5
1SH2	Ull	Støvsuger	14,2mg	4,7	4,7	4,7	4,7-5,0
2I3	Rød bomull	Trykkluft	19,8mg	6,9	6,9	6,9	5,5
2I1	Blå bomull	Trykkluft	19,9mg	7,1	7,2	7,1	5,5-5,8

2I3	Ull	Trykkluft	4,1mg	4,6	4,6	4,5	4,5-4,7
2I2 <sup>1</sup>	Rød bomull	Sotsvamp	21,9mg	7,2	7,2	7,1	5,8-6,1
1SH2 <sup>2</sup>	Blå bomull	Sotsvamp	19,6mg	6,7	6,7	6,7	5,5 - 5,8
1SH2 <sup>3</sup>	Ull	Sotsvamp	14,5mg	4,4	4,4	4,4	4,7 - 5,0
Etter rens - kåpen							
Yterstoff	Kåpe	Nedre høyre side	3,0mg	7,6	7,6	7,6	5,5-5,8
For	Kåpe	Nedre høyre side	3,5mg	7,6	7,5	7,4	5,5-5,8

Fig.164, tabell 3 og 4, før og etter rens (målinger tatt 3 måneder etter soting)							
Tabell 3. oversikt over pH målingene før rens (tatt 3 måneder etter soting)							
kode	Materiale	Metode	milligram	pH 1.	pH 2	pH 3	PH strips
etter rens - Lett sotet tekstil og lite varmeskadet							
2I1	Rød bomull	tørris	21,2mg	7,1	7,1	7,1	5,5-5,8
2I3	Blå bomull	tørris	21,5mg	6,8	6,8	6,9	5,5-5,8
2I1	Ull	tørris	13,5mg	3,5	3,5	3,4	Under 4
2I2	Rød bomull	støvsuger	18,2mg	7,1	7,2	7,3	-
1SH2	Blå bomull	Støvsuger	15,8mg	7,1	7,1	7,1	-
1SH2	Ull	Støvsuger	4,6mg	6,1	6,1	6,1	-
2I3	Rød bomull	Trykkluft	20,6mg	7,4	7,6	7,6	-
2I1	Blå bomull	Trykkluft	15,1mg	6,8	6,8	6,9	-
2I3	Ull	Trykkluft	15,8mg	3,7	3,7	3,7	-
IKS	Rød bomull	Sotsvamp	20,4mg	7,4	7,3	7,3	-
1SV1	Blå bomull	Sotsvamp	17,8mg	7,1	7,1	7,1	-
2I2	Ull	Sotsvamp	11,8mg	4,3	4,4	4,5	-
etter rens - kåpen							
yterstoff	Kåpe	Nedre høyre side	0,8mg	7,9	8,0	7,9	-
for	Kåpe	Nedre høyre side	1,8mg	7,6	7,6	7,7	-
Tabell 4. oversikt over pH målingene etter rens (tatt 3 måneder etter soting)							
kode	Materiale	Metode	milligram	pH 1.	pH 2	pH 3	strips
etter rens - Lett sotet tekstil og lite varmeskadet							
2I1	Rød bomull	tørris	21,2mg	7,1	7,1	7,1	5,5-5,8
2I3	Blå bomull	tørris	21,5mg	6,8	6,8	6,9	5,5-

<sup>1</sup> samme prøve som støvsuger bare delt i to

<sup>2</sup> samme prøve som støvsuger bare delt i to

<sup>3</sup> samme prøve som støvsuger bare delt i to



							5,8
2I1	Ull	tørris	13,5mg	3,5	3,5	3,4	Under 4
2I2	Rød bomull	støvsuger	18,2mg	7,1	7,2	7,3	-
1SH2	Blå bomull	Støvsuger	15,8mg	7,1	7,1	7,1	-
1SH2	Ull	Støvsuger	4,6mg	6,1	6,1	6,1	-
2I3	Rød bomull	Trykkluft	20,6mg	7,4	7,6	7,6	-
2I1	Blå bomull	Trykkluft	15,1mg	6,8	6,8	6,9	-
2I3	Ull	Trykkluft	15,8mg	3,7	3,7	3,7	-
IKS	Rød bomull	Sotsvamp	20,4mg	7,4	7,3	7,3	-
1SV1	Blå bomull	Sotsvamp	17,8mg	7,1	7,1	7,1	-
2I2	Ull	Sotsvamp	11,8mg	4,3	4,4	4,5	-
etter rens - kåpen							
yterstof f	Kåpe	Nedre høyre side	0,8mg	7,9	8,0	7,9	-
for	Kåpe	Nedre høyre side	1,8mg	7,6	7,6	7,7	-

## Vedlegg 11. Strekkstyrketest, av de utvalgte representative prøvene til eksperimentene

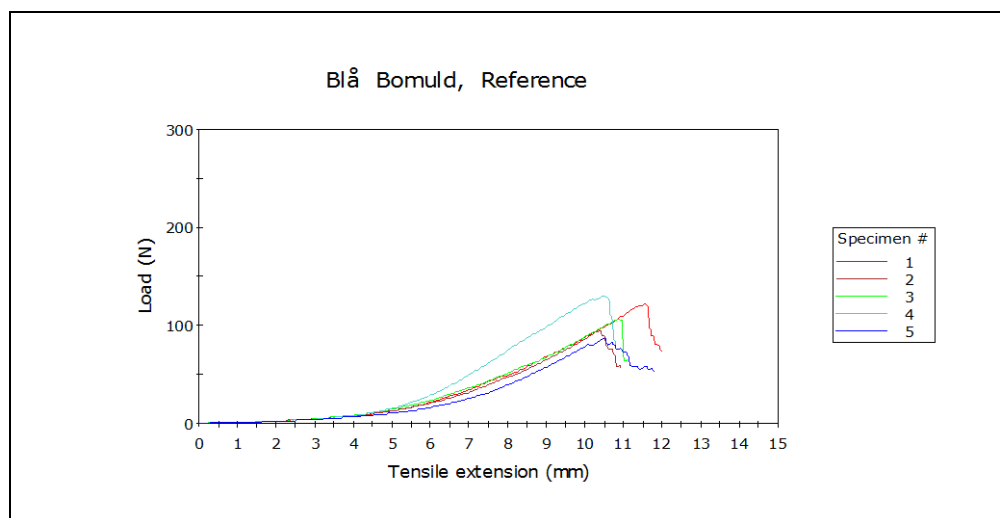


Fig. 165. strekkstyrketest av blå bomull, reference, se tabell 1. fig.177

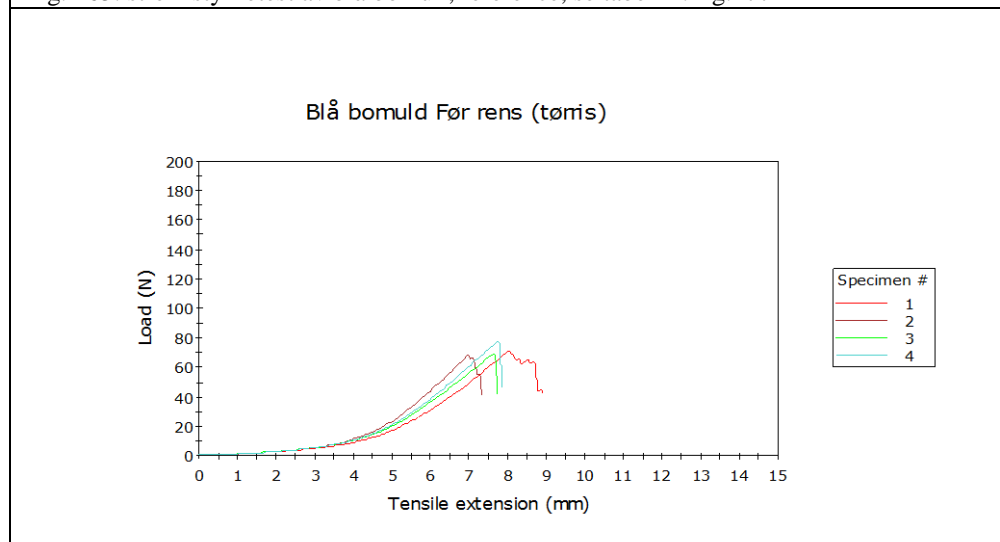


Fig.166. strekkstyrke test, blå bomull før rens (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 2.Fig.178

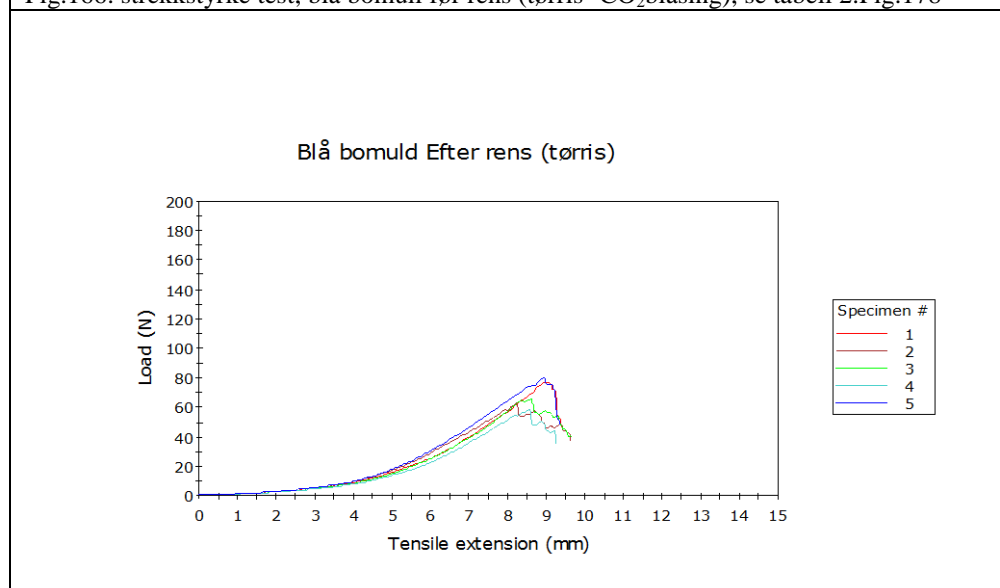


Fig. 167. strekkstyrketest, blå bomull etter rens (tørris-CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 3.Fig.179

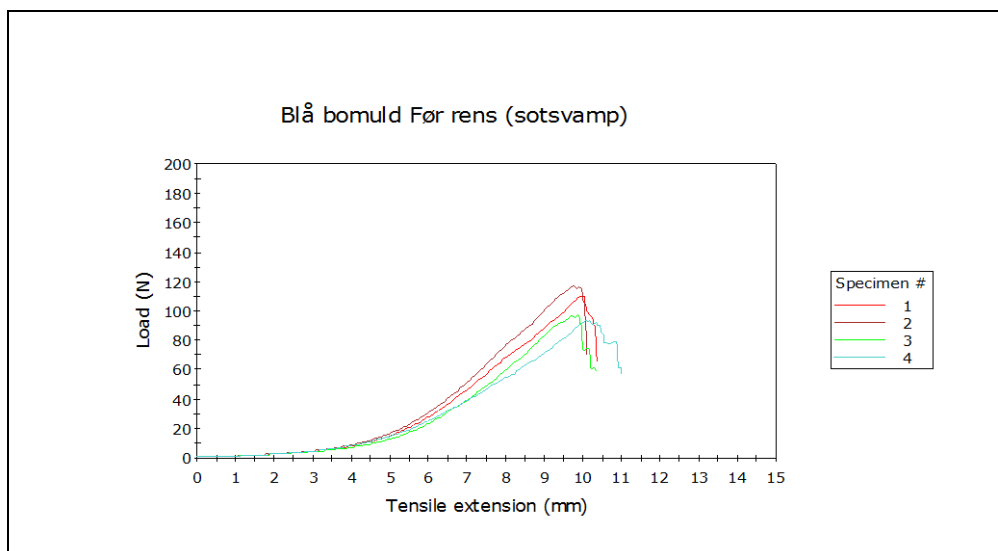


Fig. 168. strekkstyrketest, blå bomull, før rens (sotsvamp), se tabell 4. Fig.180

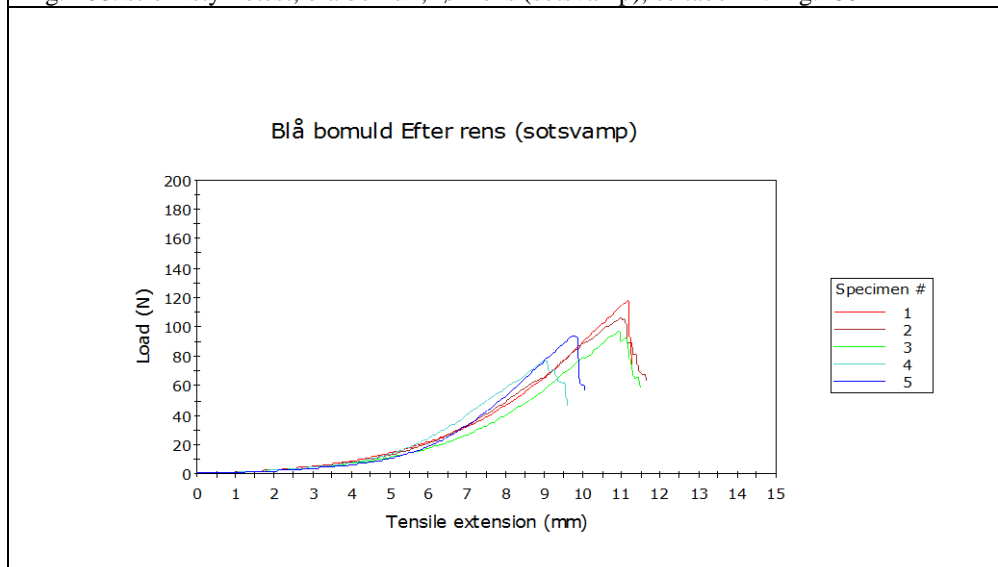


Fig. 169. strekkstyrketest, blå bomull, etter rens, (sotsvamp), se tabell 5. Fig.181

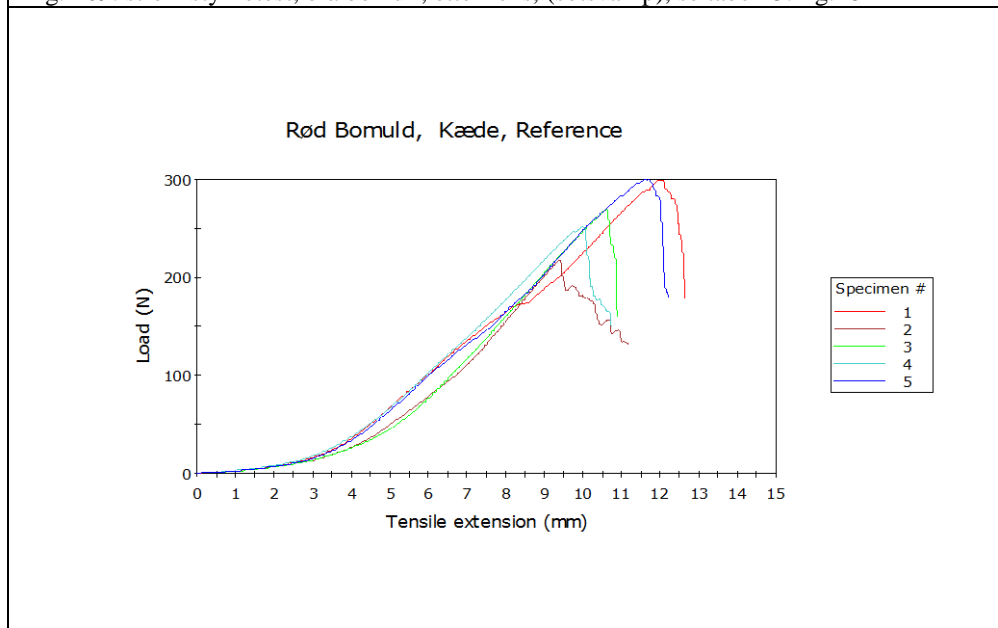


Fig.170. strekkstyrketest, rød bomull, kæde (renning), reference, se tabell 6. Fig.182

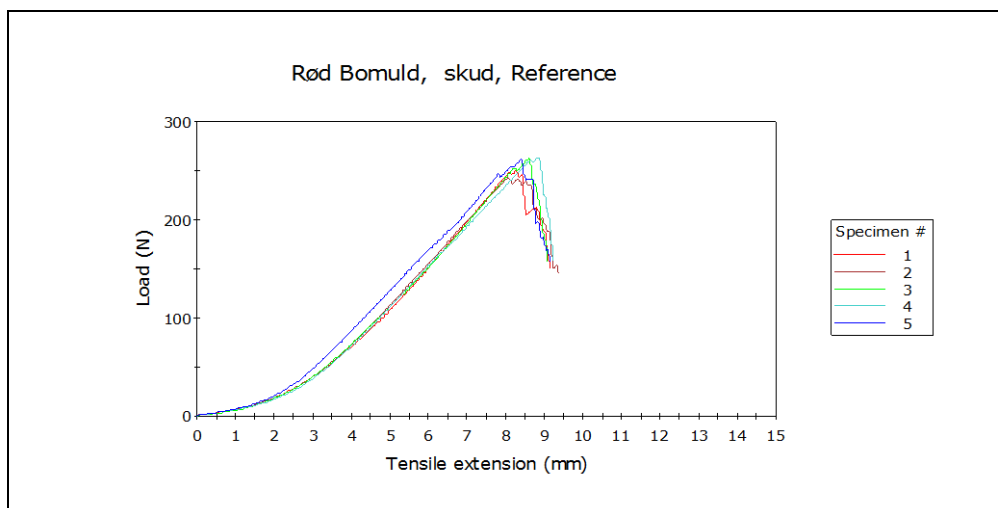


Fig. 171. strekkstyrketest, rød bomull, skud (innslag) reference, se tabell 7. Fig.183

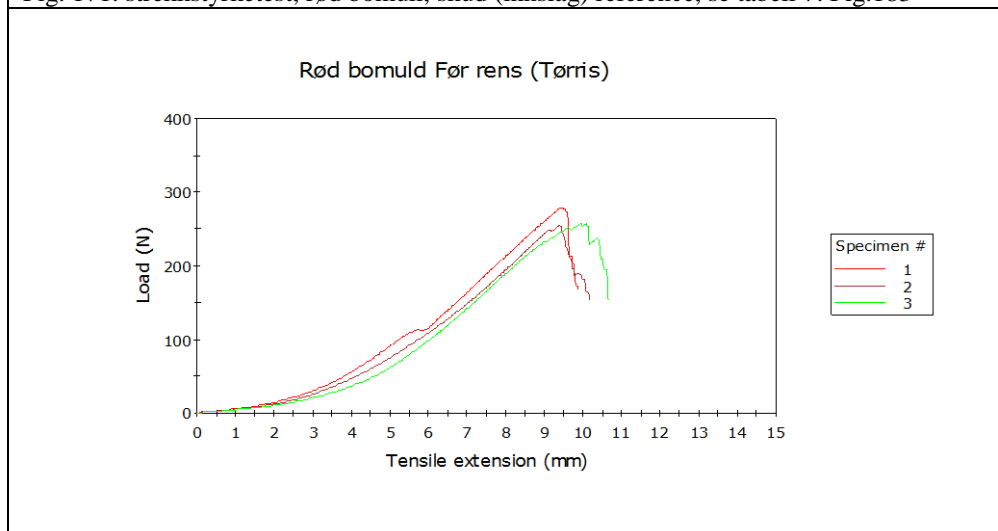


Fig. 172. strekkstyrketest, rød bomull, før rens, skud (innslag) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 8. Fig.184

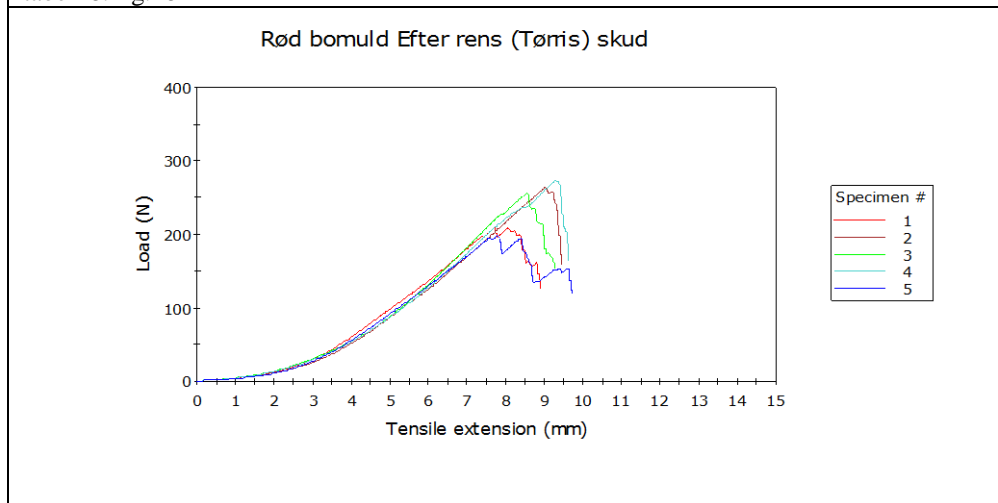


Fig. 173. strekkstyrketest, rød bomull, etter rens, skud (innslag) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 9. Fig.185

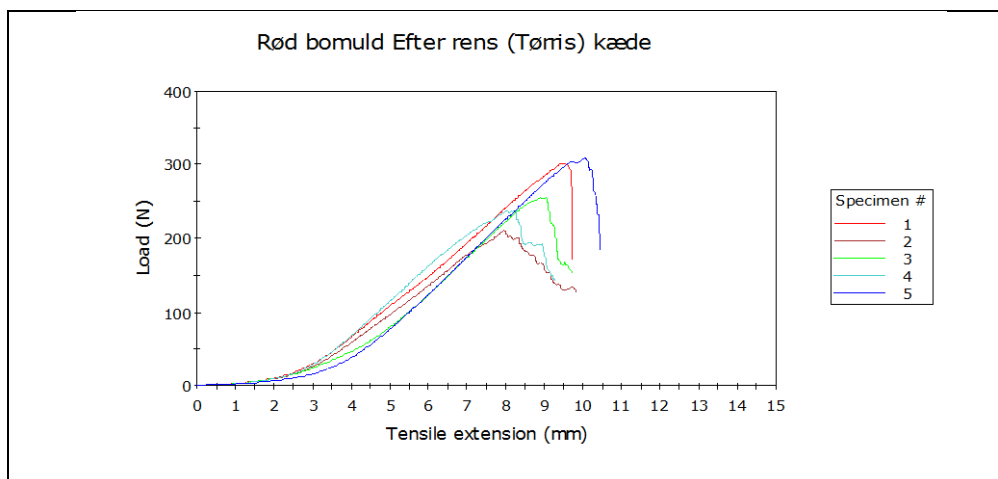


Fig. 174. strekkstyrketest, rød bomull, etter rens, Kæde (renning) (tørris- CO<sub>2</sub>blåsing), se tabell 10. Fig.186

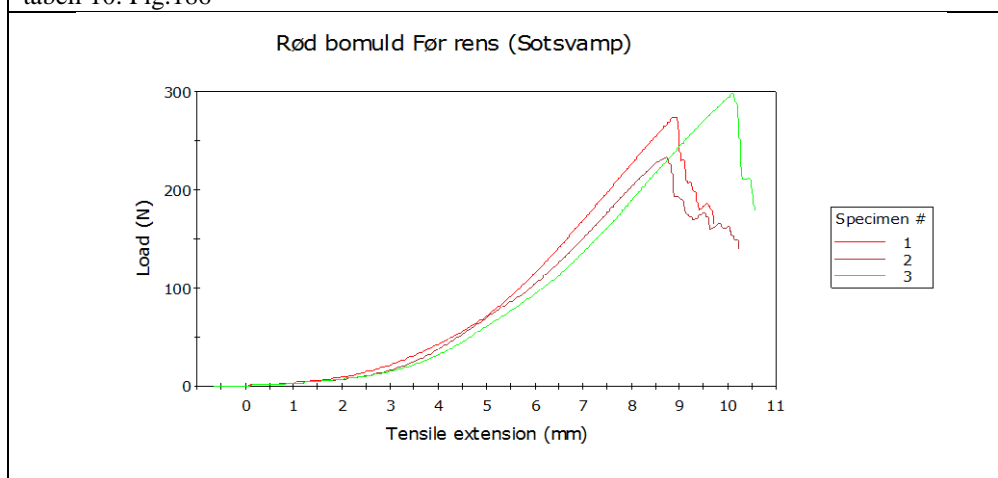


Fig. 175. strekkstyrketest, rød bomull, før rens kæde (renning), (Sotsvamp), se tabell 11. Fig.187

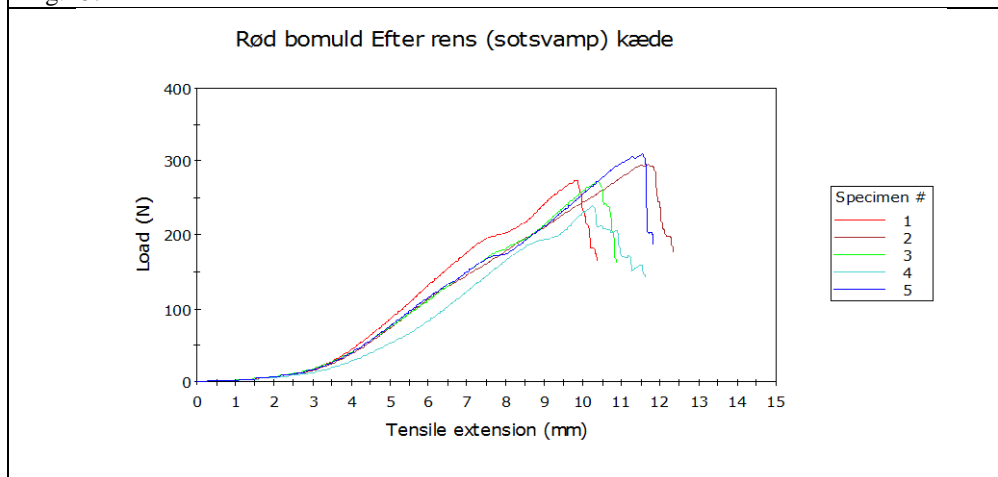


Fig. 176. strekkstyrketest, rød bomull, etter rens, kæde (renning) (sotsvamp), se tabell 12. Fig.188

Fig.177, Tabell 1. strekkstyrketest, Blå bomuld, reference

	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	121,98	0,44	12,85	37,08723	1,26
2	94,87	0,31	11,64	33,13515	1,28
3	106,54	0,35	12,12	34,77291	1,25
4	129,95	0,43	11,93	33,41004	1,43
5	87,37	0,33	12,07	33,31695	1,55
Mean	108,14	0,37	12,12	34,34446	1,35
Standard Deviation	17,868	0,060	0,446	1,666	0,133

Fig.178, Tabell. 2. strekkstyrketest, Blå bomuld, før rens (tørris-CO<sub>2</sub>blåsing)

	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	71,04	0,20	9,14	25,80438	1,11
2	68,19	0,14	8,05	22,42590	1,08
3	69,58	0,15	8,56	24,68938	0,93
4	77,52	0,16	8,92	24,88489	1,16
Mean	71,58	0,16	8,67	24,45114	1,07
Standard Deviation	4,123	0,030	0,477	1,435	0,102

Fig.179, Tabell. 3. strekkstyrketest, Blå bomuld, efter rens (tørris-CO<sub>2</sub>blåsing)

	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	76,96	0,22	10,01	29,10356	0,99
2	63,00	0,22	9,34	26,47585	1,10
3	65,91	0,22	9,69	27,73981	1,07
4	58,31	0,17	9,65	27,48341	1,10
5	80,30	0,24	9,95	28,77515	1,03
Mean	68,90	0,21	9,73	27,91556	1,06
Standard Deviation	9,362	0,023	0,268	1,054	0,050

Fig.180, Tabell 4. strekkstyrketest, Blå bomuld, før rens (sotsvamp)

	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	110,24	0,34	11,19	32,13843	1,17
2	117,09	0,35	10,62	31,62141	0,86
3	97,12	0,30	10,95	31,78368	1,08
4	94,01	0,34	11,83	32,17472	1,65
Mean	104,62	0,34	11,15	31,92956	1,19
Standard Deviation	10,892	0,024	0,511	0,271	0,332

Fig.181, Tabell 5. strekkstyrketest, Blå bomuld, efter rens (sotsvamp)					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	118,40	0,37	12,34	35,83306	1,17
2	105,91	0,39	12,23	35,17247	1,24
3	97,37	0,33	12,14	35,00759	1,21
X 4	77,00	0,23	10,06	28,81740	1,10
5	94,06	0,25	10,97	31,26961	1,21
Mean	103,93	0,33	11,92	34,32068	1,21
Standard Deviation	10,859	0,063	0,638	2,065	0,030

Fig.182, Tabell 6. strekkstyrketest, Rød bomuld, kæde (renning), reference					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	299,05	1,51	12,85	39,15754	0,79
X 2	218,01	0,91	9,72	31,04420	0,31
3	268,49	0,97	11,41	34,45529	0,80
4	251,75	1,03	10,58	32,74438	0,57
5	299,58	1,43	12,28	38,32373	0,57
Mean	279,72	1,23	11,78	36,17024	0,68
Standard Deviation	23,642	0,273	0,997	3,068	0,130

Fig.183, Tabell 7. strekkstyrketest, Rød bomuld, skud (innslag), reference					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	249,93	0,94	8,58	27,21680	0,33
2	243,36	1,01	8,43	26,56200	0,36
3	263,36	0,95	8,97	28,34719	0,36
4	264,00	0,98	9,18	29,11982	0,34
5	261,73	1,04	8,69	27,71465	0,30
Mean	256,48	0,99	8,77	27,79209	0,34
Standard Deviation	9,308	0,040	0,302	0,990	0,027

Fig.184, Tabell 8. strekkstyrketest, Rød bomuld, før rens, skud (innslag) (tørris- CO <sub>2</sub> blåsing)					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	279,87	1,02	9,81	31,06981	0,38
2	255,52	0,97	9,75	30,94172	0,36
3	257,96	1,06	10,33	32,78223	0,37
Mean	264,45	1,02	9,97	31,59792	0,37
Standard Deviation	13,412	0,043	0,318	1,028	0,010

Fig.185, Tabell 9. strekkstyrketest, Rød bomuld, efter rens, skud (innslag) (tørris- CO <sub>2</sub> blåsing)					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	209,39	0,77	8,33	25,24459	0,60
2	264,18	0,91	9,54	29,55809	0,52
3	256,42	0,89	8,80	28,27192	0,25
4	273,04	0,98	9,70	30,53688	0,41
5	197,32	0,85	8,23	25,56068	0,44
Mean	240,07	0,88	8,92	27,83443	0,45
Standard Deviation	34,294	0,075	0,679	2,363	0,132

Fig.186, Tabell 10. strekkstyrketest, Rød bomuld, efter rens kæde (renning), (tørris- CO <sub>2</sub> blåsing)					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	301,41	1,13	10,11	30,92253	0,63
2	209,93	0,90	8,54	25,99543	0,59
3	255,85	0,94	9,40	29,21993	0,49
4	238,22	0,94	8,74	27,04670	0,49
5	310,00	1,19	10,60	32,91226	0,55
Mean	263,08	1,02	9,48	29,21937	0,55
Standard Deviation	42,328	0,132	0,878	2,813	0,061



Fig.187, Tabell 11. strekkstyrketest, Rød bomuld, før rens, kæde (renning) (sotsvamp)					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	274,85	0,92	9,12	29,59902	0,18
2	233,14	0,89	9,28	28,61348	0,54
3	298,27	1,04	10,75	32,93816	0,65
Mean	268,75	0,95	9,71	30,38356	0,46
Standard Deviation	32,991	0,080	0,897	2,267	0,245

Fig.188, Tabell 12. strekkstyrketest, Rød bomuld, Efter rens, kæde (renning), (sotsvamp)					
	Maximum Load (N)	Energy at Break (J)	Extension at max load (mm)	Extension (%) incl. Slack Correction	Slack Correction (Channel Value 0.5 N) (mm)
1	274,21	1,10	10,38	32,08648	0,57
2	296,22	1,50	12,42	38,04258	0,73
3	272,97	1,12	11,16	33,83436	0,75
4	238,82	1,08	10,93	33,30898	0,70
5	310,00	1,42	12,33	37,45438	0,79
Mean	278,44	1,24	11,44	34,94536	0,71
Standard Deviation	27,062	0,201	0,899	2,644	0,086

